# 養液栽培技術講習會專刊

## 第一輯

行政院農業委員會 補助

台灣省農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所 編印

TARI LIB.
C003081

民國七十七年三月二十三日至三月二十五日

.2
11
1
38

中華民國七十七年六月

435.2
3411
v.1
3069

# 養液栽培技術講習會專刊

## 第一輯

中華民國七十七年三月二十三日至二十五日於鳳山熱帶園藝試驗分所舉行

沈再發
許淼淼
主編

行政院農業委員會 補助
台灣省農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所 編印

中華民國七十七年六月三十日

003081

七十七年養液栽培技術講習會紀念

# 目　　錄


序……杜金池……I

本省養液栽培之發展方向與重點……李金龍、傅季郁……1

種類及其特點……呂理福……8

養液栽培之主要設施……沈再發……21

NFT 養液 膜栽培……張國珍……33

動態浮根式葉菜水耕栽培技術……高德錚……42

浮根式水……許淼淼、沈再發……50

栽培之肥料與管理……王銀波……59

養液栽培與作物營養診斷……李國權……71

作物容器栽培介質特性與利用……許圳塗……78

之病害防治……林正忠、沈再發……80

設施園藝——養液栽培之害蟲簡介……溫宏治……86

討論……李金龍、柳台生、沈再發、林昭雄……93

會員通訊錄……99

# 序　　言

養液栽培或稱無土栽培，利用此栽培方法可以避免連作障害，有利作物整年生產。兼以栽培作業簡便，肥效易適量控制，故產量與品質都能相對提高。因此，先進國家莫不投下大量人力與財力，以求發展。目前荷蘭利用養液之栽培面積已達 2,500 公頃，日本約有300公頃，英國也約有 260 公頃。

本省之養液栽培尙屬發展階段，研究單位雖早已從事有關之基本研究，但在農家則尙在試用時期，未能進入全面實用階段。養液栽培爲高科技之耕作技術，由農家試行栽培中發現有多項困難，諸如各種養液栽培方式之特點和其優劣點、各栽培方式之裝置方法與技術、養液之組成濃度和管理、經營之經濟觀，以及本省施行養液栽培應特別留意之問題等等，都急切的期待解決。

最近二十年來，養液栽培之研究與技術進步極爲迅速。1955 年國際無土栽培研究組織（International Working Group on Soilless Culture 簡稱IWGSC）在荷蘭之Wageningen成立，先進國家也隨之自組研究團體，期能迅速交換研究資料和經驗。本省之養液栽培起步較遲，且環境條件（溫度、濕度、光照等）和作物之種類特性，與溫帶地區不儘相同。因[illegible]有關栽培法及養液之組成與管理等，除吸收先進國家之技術與經驗外，對於本省特有之問題更[illegible]研究解決，並隨時將最新研究成果加速轉移農家。基於此，本所鳳山熱帶園藝試驗分所承行政院農業委員會國家級設施園藝計畫之經費補助，辦理第一次養液栽培技術講習會，聘請目前從事該項研究之大學、試驗場所專家，就有關養液栽培技術進行講解，並實地觀摩養液栽培情況。本次參加講習人員均由各縣市政府推荐已從事養液栽培及具有栽培意願之農戶參加，雖膳宿及交通皆自理，但參加人員極爲踴躍，收效豐碩。茲爲落實該講習會之成果，將講習內容輯編成冊，供各界和生產者參考，冀有助本省養液栽培進一步發展。

台灣省農業試驗所所長　**杜金池**　謹誌

七十七年六月三十日

# 本省養液栽培之發展方向與重點

李金龍* • 傅季郁*

## 一、養液栽培的起源

又稱水耕栽培，是一種無土栽培作物的方式，爲設施園藝栽培中較新穎的技術。可說是養液栽培的關鍵，自1860年德國Knop率先開發養液栽培的培養液，養素之研究後，世界各國即陸續發表了很多優良配方及栽培試驗，直至1930加州大學教授Gericke之水耕蔬菜實驗成功後，才開始被引用爲商業化蔬菜栽培用。大戰爆發之際，美軍駐防外島軍隊發生蔬菜供給困難，即採用現地礫耕栽培供給生後，進駐日本的美軍，由於無法適應東方人使用水肥生產之蔬果，而在東大津市分別設立22公頃及10公頃的礫耕蔬菜栽培農場，生產萵苣、番茄及應日本境內之美軍及眷屬。這便是日本水耕技術之創始，也奠定了發展的基礎。目前耕栽培技術發達的國家尙有美國、荷蘭、英國、丹麥、挪威等國。

## 二、養液栽培之定義及特性

謂養液栽培即通稱之水耕栽培，爲不用土壤而用人工調配之營養液供作物生長的栽培方又因栽培介質有固體及非固體之分而有不同的栽培方法，固體介質的栽培包括砂耕法、礫耕法、泥炭耕法、海綿耕法、岩綿耕法等，非固體介質的栽培包括水耕法、水氣耕法及噴霧耕法等。養液栽培因與傳統的土耕栽培不同，茲簡述其優缺點如下：

優　點

1. 壤病蟲害及連作障害：有利於作物穩定地長期連作。
2. 肥效率高，縮短生育期，增加年收穫次數：養液栽培N，$K_2O$，$P_2O_5$之肥效率約可達90%左右，較一般土壤栽培爲高（土耕N，$K_2O$約爲40-60%，$P_2O_5$約爲10-30%），且養作物生育迅速。
3. 擴大經營規模：養液栽培過程中，播種、定植、除草、收穫等工作可簡化而節省，施肥、灌溉等管理科學化，而可擴大經營規模。
4. 果實運輸：因養液栽培無缺肥之虞，果實較堅硬、貯藏期長，並可在成熟度較高時採收，提高品價值。
5. 解決農村勞力老化之問題：養液栽培並非粗重的工作，較高年齡者也適合經營，可解決農業人口老化之問題。

缺　點

1. 養液栽培所需投資的設備費用較昂貴。
2. 栽培管理需具備較新的知識與技術，如培養液的管理不當時，其濃度及pH值等變化劇烈而修正不易，易導致栽培失敗。

---

* 行政院農業委員會

3. 作物根部生長於培養液中，其緩衝力較土壤為小，故較易受環境影響，一旦病原菌入侵，則蔓延迅速。

4. 可供經濟栽培的作物種類有限。

## 三、養液栽培先進國家栽培現況

國外養液栽培先進國家包括日本、美國及歐洲的英國、荷蘭、丹麥、挪威等，簡述其栽培現況如下：

### (一)挪　威

泥炭苔為挪威的重要資源之一，但纖維較纖細，排水性不理想為其缺點，為解決此缺失，乃與芬蘭生產的未分解性泥炭苔混合使用，而稍微改善其品質。後因工業生產的岩綿性質安定，亦隨其他國家而採用作為養液栽培的介質。目前挪威的溫室面積約有220公頃，其中養液栽培約占12％（26公頃），大部分以岩綿為介質生產蔬菜類，如番茄、胡瓜等，近年來亦開始玫瑰、菊花的養液栽培。

### (二)丹　麥

丹麥在養液栽培的研究和實用化技術均相當先進。以岩綿為例，即為經歷十多年的試驗努力，首先由Grodan公司開發成功，不僅被廣泛應用於工業上，亦為農業上養液栽培提供了良好的栽培介質。目前丹麥的溫室面積約380公頃，養液栽培方式占了21％（80公頃），其中絕大部分亦採用岩綿為介質，以生產番茄、胡瓜為主，其他蔬果類及玫瑰、康乃馨等則以泥炭苔式及NFT（Nutrient Film Technique）薄膜法栽培。

### (三)荷　蘭

荷蘭獎勵園藝產業的發展，因此在設施園藝發展上更顯得傑出。同時，將丹麥開發成功的岩綿應用為農業的栽培介質，而於1975年開始推廣養液栽培。目前溫室面積約為8,900公頃，而養液栽培占26％（2,300公頃），其中70％以上以岩綿為介質。栽培作物包括番茄、胡瓜、甜椒、玫瑰、菊花等。荷蘭溫室面積及養液栽培面積均居歐洲的首位。

### (四)英　國

英國的養液栽培主要為岩綿法及NFT薄膜法。NFT法為1973年溫室作物研究所Dr. Cooper所創，番茄之養液栽培最初即以NFT法為主。岩綿栽培則於1984年後來居上，因胡瓜採用NFT法易發生根腐病，故農民紛紛改用岩綿法栽培。目前英國溫室面積為2,300公頃，養液栽培占12％（280公頃），其中64％為岩綿栽培，作物種類包括番茄、胡瓜、萵苣等。

### (五)美　國

美國的養液栽培亦起步很早，設施園藝的發達也促使養液栽培技術的精進，最先從砂耕、礫耕等無土栽培開始，後來參酌英國的NFT原理，也應用了歐洲各種栽培方式。目前其養液栽培已逐漸走向“植物工廠”的生產方式，在室內控制整個氣象條件，以各種不同波長的光源及養液控制系統來完成效率高，節省人力的園藝作物生產。

### (六)日　本

日本在二次大戰結束後，迅速發展其工業、經濟、農業等，而其成就亦是有目共睹。其養液栽培由最初美軍引進的簡易礫耕技術開始，經過數十年不斷地試驗與改良，已成功地發展出其獨特的栽培模式。目前主要以協和式水氣耕，M式水耕及新和等量交換式三種栽培模式

爲主，包括鴨兒芹、番茄、胡瓜、洋香瓜、草莓等。

## 四、本省養液栽培現況

本省地處亞熱帶且四面環海，夏季高溫多濕，颱風豪雨頻傳，且地狹人稠，每一農戶耕地面積平均僅1.2公頃，因此如何有效利用有限的面積，生產高品質之園藝作物以提高農家所得，爲農業發展之重要課題。本省因自然環境的限制，有必要引進設施園藝技術來達到改善作物生長環境，增加產量，提高品質及調節產期的目的。而其中，養液栽培即爲設施園藝發展項下重點工作之一。養液栽培技術在政府經費支援及各農業試驗研究單位有關之人員努力下，最早實用化的是豆芽，其次苜蓿、豌豆、蘿蔔等芽菜也陸續出現。但田間之養液栽培則發展較晚。民國58年，龍潭農校首先進行礫耕試驗，並開始從事三分地規模之葉菜類生產。而後農試所行砂耕試驗，中興大學、台中場進行立體無土栽培試驗。鳳山分所於72年開始進行水耕試驗，74年台中場亦開始水耕實用化之研究工作，至目前爲止，已有之初步成果及積極加強之試驗研究，簡述如后：

㈠台中改良場

自1985（民國74）年開始從事適合於本省蔬菜水耕栽培系統之研究，並開發出各型水耕系統，目前以“動態浮根式水耕系統”效果最佳，該系統具備保麗龍栽培床，內層加舖黑色PE布、空氣混入器、養液昇降排液器、養液配方、育苗技術及養液自動控制器等，其成本僅爲同類日製產品的十分之一。民國75、76年間採用台中場開發之水耕系統進行實際栽培的有台灣糖業公司的溪湖糖廠及埔里副產加工廠，分別設置0.12公頃及0.152公頃，另台中縣頭汴坑、龍井鄉、苗栗縣銅鑼鄉、西湖鄉、桃園縣平鎮鄉、彰化縣廣慈殘障教養院、永靖鄉及台北市外雙溪一帶農民亦投資設立水耕溫室，從事葉菜及果菜類的生產。

㈡鳳山熱帶園藝試驗分所

目前正積極從事水耕洋香瓜的栽培試驗，以浮根式水耕配合定時養液交換法進行，培養液則以日本山崎肯哉洋香瓜養液吸收濃度標準配製。然而到目前爲止，世界各地洋香瓜的水耕生產，均未達到實用階段，主要乃因溫室洋香瓜的水耕生產，從營養生長轉化爲生殖生長後，需有適當之養分及水分的管理，以供果實肥大、網紋、果色或果肉糖度等與品質有關之特性表現，而此等養液管理技術仍有待改進。故目前鳳山分所正積極從事於洋香瓜水耕栽培各季節之品種檢定，以明瞭其養分吸收之特性及管理方法，作爲今後發展洋香瓜水耕栽培之依據。另亦積極從事於水耕育苗試驗，以培育健康之種苗，以達到節省種子費用，提早幼苗之老熟，提早生產之目的。

㈢其他試驗場所

亞洲蔬菜研究發展中心發展出“非循環式水耕栽培系統”，採用不通氣原理，在設施與材料的投資可能比現有其他無土栽培系統來得低，且管理方法也較簡易，目前正積極改進其效率與穩定性，以便能早日進入實用階段。省立台中高級農業職業學校，目前正從事控制養液溫度及提高空中$CO_2$含量對水耕蔬菜生產影響之研究。另國立中興大學亦從事高溫對設施的水耕蔬菜養分利用之調查及培養液管理自動化之研究與根褐變之探討等試驗研究。

## 五、今後發展方向

本省養液栽培正處於起步階段，無論是栽培模式之建立、培養液之調配管理或設施資材之開發等，均有待加強，且較一般土壤栽培需投入更多之心血及資金，以作為資材之維護與添置。故對於作物種類之選擇需慎重，以符合經濟效益。今後發展之重點與方向略述如下：

### (一)栽培模式之確立

目前世界各國均有各種不同之養液栽培模式，我們應以本身之條件與需要為考量基礎，採取他們的長處加以研究改良，發展出最合適之養液栽培系統。如目前之“動態浮根式水耕系統”及“亞蔬非循環式水耕系統”均已相當理想，如能繼續改進，並評估其實用價值，期能早日開發經濟效益高的栽培模式。

### (二)作物種類之選擇

一般養液栽培均於設施內進行，故作物的選擇應以矮小為優先考慮條件，其次應選擇生育期較短之作物。故園藝作物中以蔬菜為最適合栽培對象，其中又以葉菜類為最優先，其次為瓜果菜類及花卉。果樹因生育期長，植株高大，較不適合水耕栽種。

### (三)培養液之調配管理

培養液之成分因作物種類不同而有差異，應參考國外成功之例子加以試驗，且培養液之管理，如溫度、濃度、酸鹼度、電導度、溶氧量等均需隨時注意，以免發生偏差。

### (四)規格化資材之供應

養液栽培之介質如岩綿、泥炭苔等及整套栽培模式之裝備材料，初期由於國內相關資材工業無法生產而需自先進國家引進，但將來養液栽培普及後，則應由國內自行供應，才可降低生產成本。故資材之供應有賴國內相關工業的配合。

### (五)技術之轉移

目前養液栽培仍屬試驗研究階段，一旦技術開發成功，其最終目的均在於推廣給農民採行。目前各項研究工作均由政府預算支應，故試驗成果進行技術轉移時應採無償方式辦理。但若技術轉移對象為私人企業或公司，則可考慮收取適當費用，以彌補研究開發過程中之經費支出。

## 六、結　　論

養液栽培技術為目前行政院農業委員會推動之國家級計畫設施園藝產業項下之重點工作之一，其不僅可解決農業人口老化之問題，又可克服土壤連作障害。惟其生產成本高，作物種類有限，管理具高科技性的問題，且適合本省水耕栽培之資材尚待開發生產及規格化，以上種種困難均有待突破改進。而養液栽培發展至最後階段即以建立植物工廠為重要目標之一，以使作物在設施栽培下，利用人為的控制與操作使其生產如同工業產品制度化、規格化及生產高速化。換言之，即使作物之生產不再受限於自然環境而能周年生產。此有賴政府政策之支持，研究人員的努力及相關農工業的配合，以早日開發出最適合本省、生產成本低且操作簡易之養液栽培模式。

# 討　論

陳國棟（台北縣）問：

亞蔬中心的「非循環式水耕栽培系統」請再加以解釋。

傅季郁（行政院農業委員會）答：

亞蔬中心的「非循環式水耕栽培系統」係採用不通氣原理，且其養液不必循環，故養液的使用比較簡便，費用也較低。

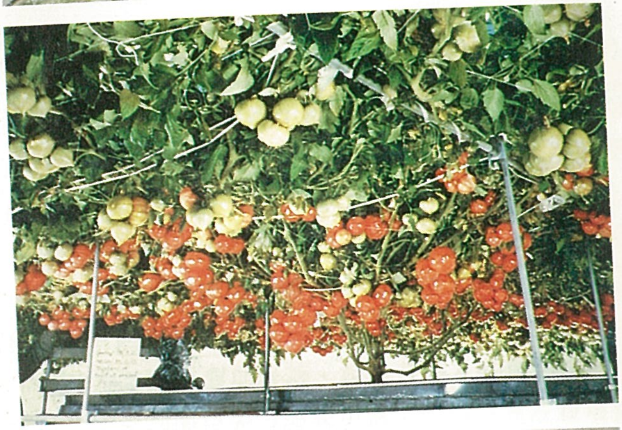
學員問：

胡瓜採用NFT法產生之根腐病應如何防治？

傅季郁（行政院農業委員會）答：

因NFT 法的根部都浸於養液中，較易產生根腐病，根會有些褐變，而岩綿栽培法的主要栽培介質爲岩綿。養液只在底層供應其養分，故其發生根腐病的情形較NFT 法少，所以目前較常採用岩綿栽培法。

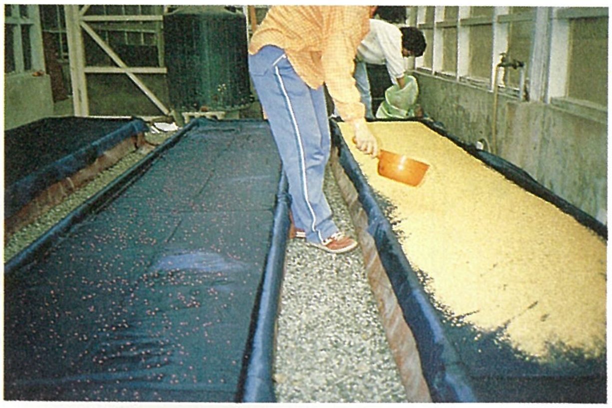
照片 1.荷蘭岩綿栽培番茄情形



照片 2.日本協和式水氣耕栽培番茄情形

照片 3.台中場動態浮根式水耕栽培系統（萵苣）

照片 4.台中場水耕花卉（翠菊）試驗



照片 5. 鳳山分所浮根式水耕

照片 6. 鳳山分所洋香瓜水耕

照片 7. 鳳山分所西瓜水耕

照片 8. 亞蔬中心非循環式水耕栽培系統（萵苣）

# 養液栽培之種類及其特點

呂 理 福*

## 一、養液栽培之意義

養液栽培（Nutriculture）就是使用含有植物生長所需之所有養料的培養液代替土壤培養植（作）物的栽培方法，又稱爲無土栽培（Soilless Culture），或水耕（Water Culture，或Hydroponics）。

## 二、養液栽培之分類

由於養液栽培仍在拓展中，很多種類尚未定形，因此學者間尚無一致的分類方式；但通常可依據其使用的介質（Medium）的種類，培養液之供給方式，空氣的補充方法，及根的支持材料等作如下的分類：

- 養液栽培
  - 固體介質栽培
    - 砂耕
    - 礫耕
    - 木屑耕
    - 岩綿耕
  - 液體介質栽培
    - 環流式
    - 液面升降式
    - 等量交換式
    - M式
    - NFT式
  - 噴霧栽培

## 三、養液栽培的主要種類簡介

㈠固體介質栽培

此種類型的養液栽培，其共同的特點是都使用具有固定形狀的介質，如石礫、砂粒、燻炭、岩綿、蛇木屑、鋸屑、蛭石等。其使用石礫者稱礫耕，使用砂粒者稱砂耕，依此類推。培養液的供排方式有兩大類，一爲密閉循環式，一爲開放噴洒式，或點滴式，茲以礫耕、砂耕及岩綿耕爲例說明如下：

1.礫耕(Gravel Culture)

㈣設施

(1)栽培床

如圖1及圖2，栽培床可用混凝土或塑膠布及木板等材料製成，亦可利用空心磚作栽培床的框。

* 桃園農校

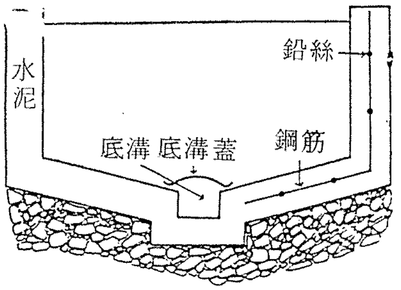



圖 1　鋼筋水泥床

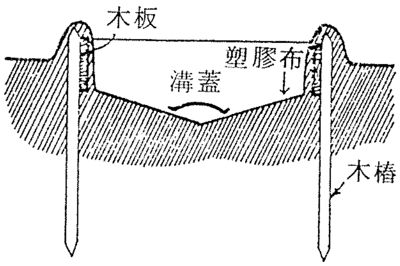



圖 2　板框塑膠床

(2)石礫

大小以直徑5～10mm爲宜，應選擇化學性質較穩定者，使用前應清洗乾淨。

(3)養液槽

如爲混凝土製應塗以瀝青，其大小至少要達石礫容積的百分之五十。

(4)自動化供液系統

使用抽水機及定時計之組合達成供液之自動化。

(乙)養液之供應方式

養液之供應只在白天進行，給液時間40～60分鐘，給液次數以夏天5次，冬天3次爲準，夜間停止供液，養液槽置於下位（圖3）。

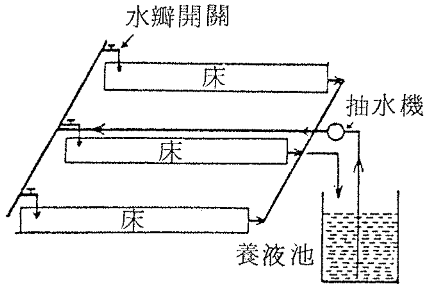



圖 3　養液之供應方式

(丙)礫耕之優缺點

(1)優點

①對於養液成分變化之緩衝性較水耕爲大。

②根部之通氣良好。

③可以完全自動化。

(2)缺點

①根羣周圍的養液濃度變化較大，礫面常有肥料的沉澱，故養液的濃度較難確實計量。

②殘根不易清除，且常堆積在排液溝中。

③石礫表層常沉積不利根生長之有害物質。

2.砂耕(Sand Culture)

㈲設施

(1)栽培床

如圖4所示，用木板或空心磚等做床框，並舖以塑膠布則成，床底兩側向中央傾斜，中間最低處置一排水管以利排水。

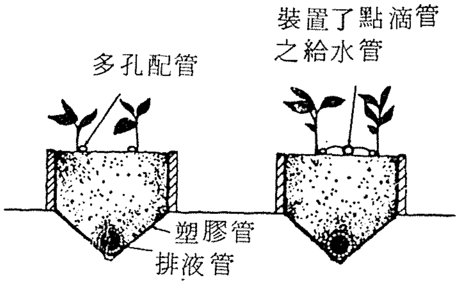



圖4　砂耕床

(2)砂

以粒徑0.75～1.5mm的黑砂爲佳，可用0.8mm孔目的篩篩除砂中之微粒。如爲海砂，宜用清水充分沖洗乾淨。

(3)供液系統

由抽水機及動力噴洒系統組成。

㈡培養液之供給

養液以NPK 爲主要成分；施肥及供水多採噴洒式或點滴式（圖4），每週需澆1～2次；給液時，以使用養液（或水）全量之8～10%被排出爲度。

㈢ 砂耕之優缺點

(1)優點

①由於採開放循環系，養液並不循環，病原較不易擴散。

②由於粒子較小，水可藉毛細管現象作水平方向之移動。

③由於根羣可橫向伸長，根羣較少擁塞於排泄管中。

④由於粒子小，較易保水，給液次數較礫耕爲少。

⑤施工費用較礫耕少。

(2)缺點

①每一期作後必需用蒸氣或藥劑予以消毒。

②點滴裝置常因發生沉澱而招致阻塞現象。

③在栽培的過程中常會發生塩類的累積現象，有礙根羣之發育。

其他固形介質栽培中與砂耕相類似的有木屑耕、砼石耕、燻炭耕等。

3.岩綿(Rockwool)耕

㈲ 栽培裝置

(1)栽培床

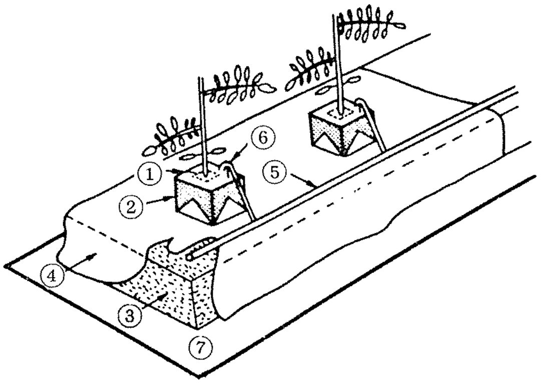
栽培床的主體就是岩綿板，通常使用塑膠布包被，以免被污染及曝光，其規格適

常是30 cm（寬）× 7.5 cm（高）× 91 cm（長），床並未加框（圖5）。

(2)育苗岩綿塊

小塊（10 cm × 10 cm × 10 cm）岩綿，用於播種，苗移植時，直接種植在定植板上（圖5）。

(3)供液管，有主管及鬚管兩部分（圖5）。




①播種用墊。
②岩綿小塊（側面包以黑膠布）。
③定植岩綿板。
④塑膠布。
⑤供液管。
⑥鬚根狀管。
⑦塑膠布。

圖5　岩綿栽培之裝置

(乙) 培養液之供排方式

培養液之供應通常係利用電極法或重量法來控制。電極法就是利用流出之廢液達到某一定量時將信息傳遞電磁瓣（圖6）。從而間斷性切斷電源開關（off）。重量法則係以流出廢液之重量來控制電源，又可分爲直接把定植岩綿板置於磅秤計量，以及以排液重量控制電源等兩種方式，此外，還有從日照預測作物之蒸發量及吸水量以及室溫等因素來決定供液量及其供應間隔。以電極法而言，通常其由承盤孔隙流出之廢液量以達全量之5％～10％爲宜。

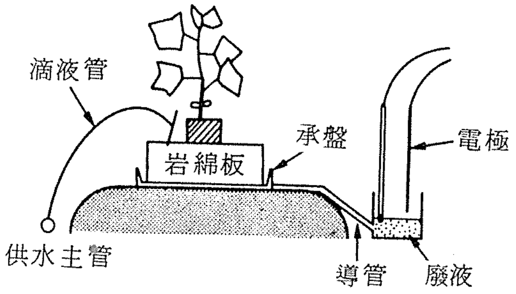



圖6　岩綿栽培之供液電極控制法裝置

(丙) 岩綿栽培之特點

(1)栽培床因不需加框，可以簡化。

(2)介質含有充足的水分及空氣。

(3)由於經常在湛水情況下，生長良好，故可避免因養液循環而引起疾病。

(4)如能控制水分，可以調節植物之生長。

㈡液體介質栽培（水耕）

液體介質栽培係將植物的根羣以一些不同的方式直接浸於培養液中的無土栽培方式，方式很多；玆就其較普遍的類型簡介如下：

1.環流式

環流式水耕的特點是，將所需肥料塩類依照配方將其溶解於培養液槽中而成為培養液，然後用抽水機將培養液抽入栽培床中，並留存定量的培養液於床中，俾使其保持湛水狀態。屬於這一類型的也不少，今以日本之久保田式水耕組合及協和Hyponica 為例說明如下：

(1)久保田式水耕組合

(甲) 栽培裝置

(A)栽培床：可以分為蔬菜專用的1號型，及果菜專用的2號型兩個類型（圖7、8）。

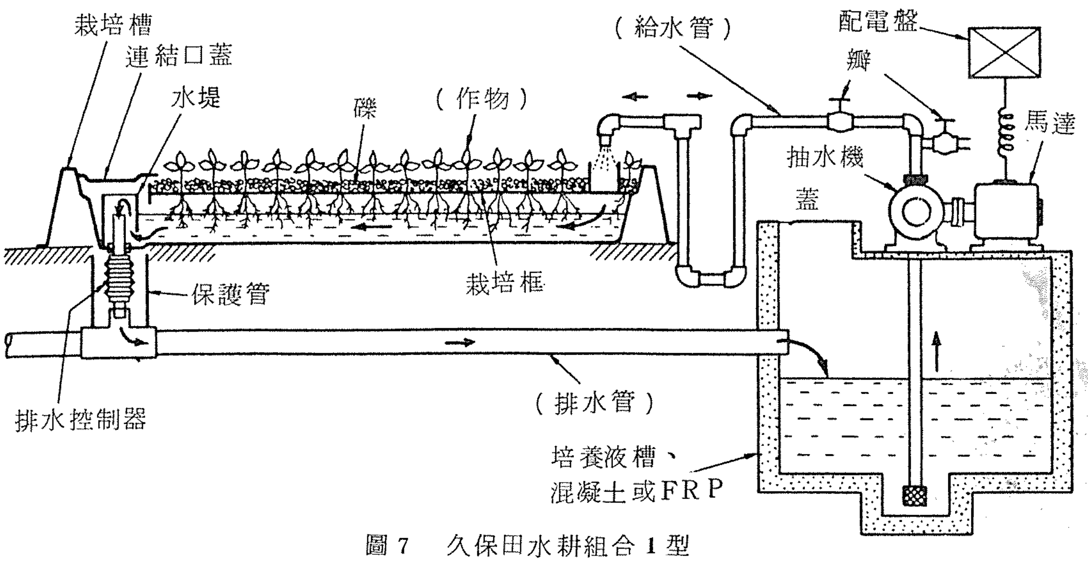



圖7　久保田水耕組合1型

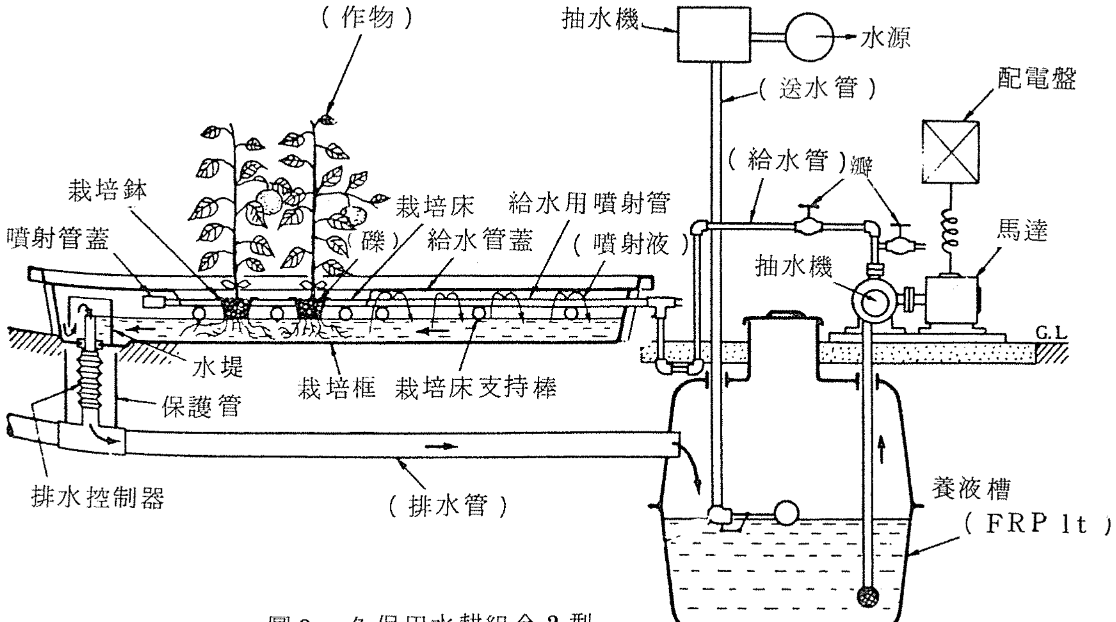



圖8　久保田水耕組合2型

(B)培養液槽：混凝土製，或FRP製。（圖7、8）

(C)供排液系統：由抽水機、配管、配電盤、噴射管蓋、及排水（液）控制器等所組成。

(D)栽培床及栽培板：1號型之栽培板係置於栽培槽之上（圖9、10）。

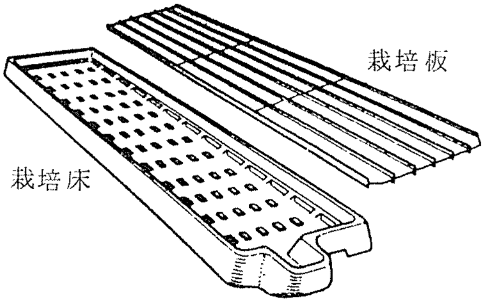



圖9　1號型栽培床

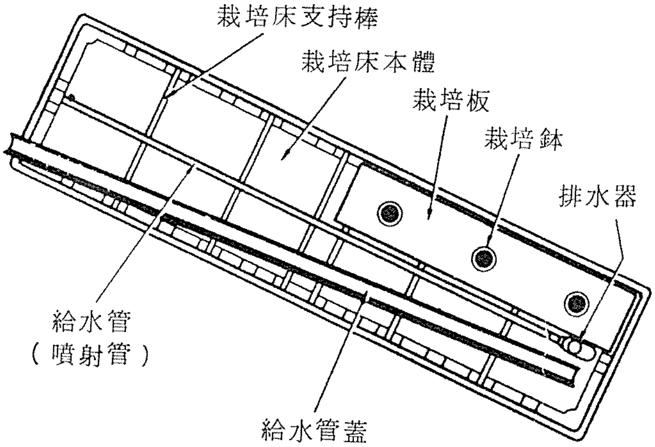



圖10　2號型栽培床

(乙) 供排液系統

1號型組合之給液方式係採用在排水處相反的一端向下沖的方式，係單向循環，水中有充分之溶氧量，2型之栽培槽內縱走具噴射孔（間隔15cm）的供液管，噴液噴出後被管蓋擋下，利於補充氧氣。

(丙) 久保田式水耕組合的特點

(A)爲一種湛水循環式水耕。

(B)以環流，下衝或噴射式供應提高養液之溶氧量。

(C)只用少量石礫支持植物體。

(D)栽培床中培養液之液位可靈活調節。

(2)協和Hyponica(水氣耕)

有果菜D型及葉菜I型兩類，今分述如下：

(A)果菜D型

(a)栽培器材

①定植板：爲泡沫塑膠製品，有放置栽培鉢的孔。

②栽培床：爲ABS樹脂製，具耐久性，寬65公分，長36公分，高7公分。

③水位(排液)調節器：可配合作物之生長靈活調節水位。

④空氣混入器：用以提高每一床培養液中之溶氧量。

⑤栽培鉢：育苗用，根可由底部孔伸出。

⑥介質：特殊的氨基甲酸乙脂(Urethan)製品。

⑦液肥溫度調節裝置：可保持最適宜的培養液溫度。

(b)生長控制系統

①供液系：控制盤內設定適合於種植作物之適當供液量，只要壓下開關，抽水馬達就可自動運轉。

②溫度控制系：可控制培養液的溫度。

③育苗用抽水機：只用於果菜型。

④自動追肥系：爲培養液之自動管制中心，亦可測定液量或調整 pH 值，並可自動追肥。

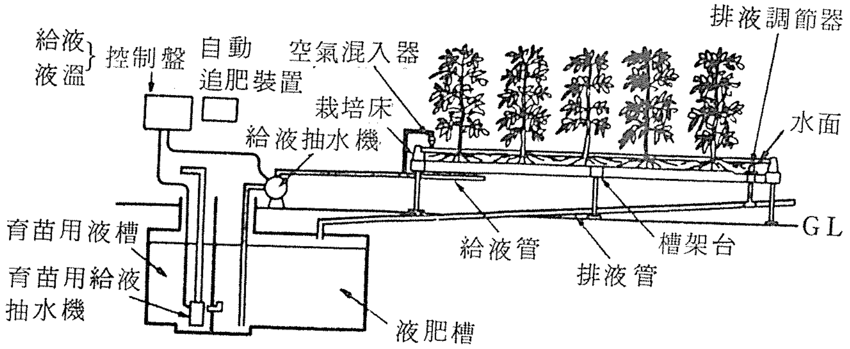



圖11　協和Hyponica果菜D型

(B)葉菜I型

(a)栽培器材

①發芽盤。

②定植板。

③液肥槽，液肥調溫裝置等與果菜D型相同。

(b)生長控制系統

除育苗用抽水機缺如外，其餘相同。

協和Hyponica水耕法曾經因在日本筑波科學萬博“85”中展示結果一萬數千個的“巨樹番茄”而名噪一時，其特點有：設備費較低，具有高效能的自動化系統，操作簡便以及可提供良好的植物生長環境等。

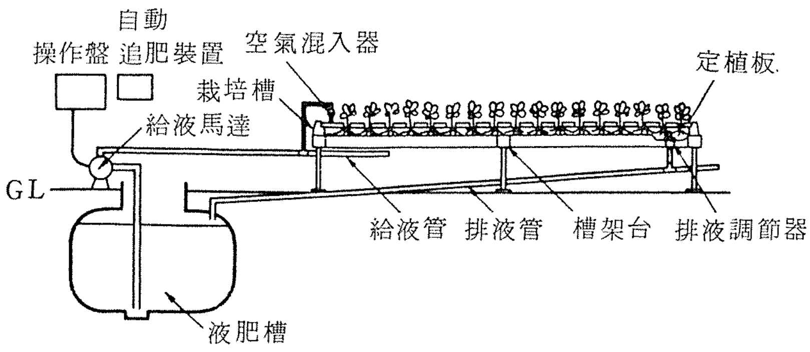



圖 12　協和Hyponica葉菜Ⅰ型

⑶日本的M式水耕組合

㈠栽培裝置

(A)栽培床：爲泡沫塑膠板所製成（圖 13），板厚 3 *cm*。規格爲 61 *cm* × 120 *cm* × 17 *cm*，可以自由組合。床內舖有塑膠布。

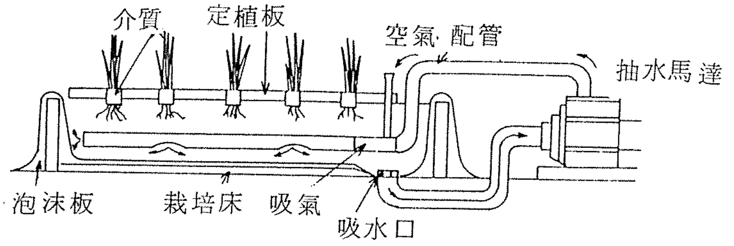



圖 13　M式水耕組合

(B)定植板：泡沫塑膠板製，開有定植孔。

(C)養液循環系統：包括抽水馬達、配管、及液流吸氣管（圖 14）等。

(D)自動控制系統：可配合作物生長之不同階段調節肥料濃度、pH值、液溫、抽水馬達之運轉、室溫、濕度、$CO_2$濃度及光線等。

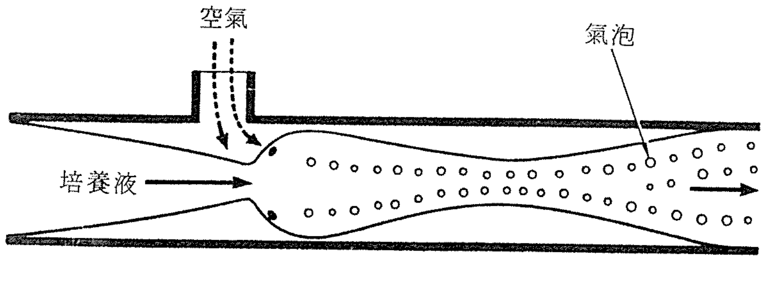



圖 14　液流吸氣管

(乙)M式水耕的特點

(A)由於栽培床及定植板均爲泡沫塑膠板製，因此有隔熱的功效。

(B)由於使用液流吸氣管，藉循環過程中吸入空氣，故不需使用培養液槽，設施費可節省很多。

(C)根基部的環境相當安定，較少發生病害及生理障害。

(4)NFT水耕栽培

NFT 水耕組合係英國所開發，其全名稱爲Nutrient Film Technique，是一種以流動的培養液來栽培作物的一種水耕法，不需要儲存培養液，只要有讓培養液流下的"液溝"則可。

(甲)栽培裝置（圖15）

(A)培養液槽：構成培養液槽的素材，如爲3$m^3$，使用FRP（合成樹脂），如爲10$m^3$，可使用混凝土製作。

(B)栽培管槽：管槽的構造因所栽培作物種類而異，但通常其基本的平面斜度爲1／80～1／60，寬度10cm（葉菜類）～30cm（果菜類），長度爲20m～30m。

(C)供水裝置：應裝置浮球瓣，俾隨時補充失去之水量使培養液保持一定的量。

(D)供液裝置：係將養液槽中的養料抽往管槽的裝置，抽取的培養液並非全量灌進管槽，而是其中一小部分直接還留槽內，藉以攪拌培養液。

(乙)NFT水耕栽培的特點

(A)設施構造簡單，生產者亦可自製。

(B)由於培養液在管槽中時常在流動中，根羣可在養液中吸收氧氣，此外，一部分之根羣由於露出空中，亦可由空中直接吸收氧氣。

(C)由於培養液之量較少，緩衝性較小，故應特別注意培養液之穩定。

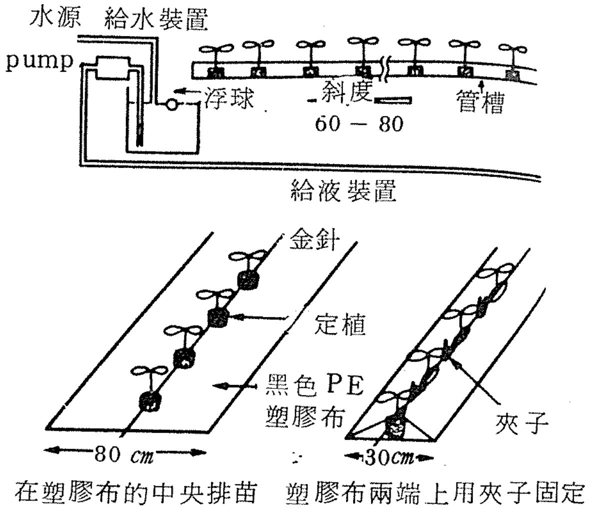



圖15　NFT之基本構造

(5)日本之新和式等量交換水耕裝置

如圖16所示，等量交換式之水耕就是在左右對稱設置的兩個床中間置一交換槽，並以兩部抽水機交互供液的水耕方式。以圖16爲例，A床的養液被抽到B床，B床乃充滿養液，此時A床幾近虛空，作物的根暴露於空中，其吸氣量較在水中多出2～3倍，接着，在抽水機停止運轉時，由於交換槽的連絡孔係開啓狀態，因此，養液乃經由此孔回流A床，亦即在兩床之養液尚未達到平衡前，液流不會停止，有助於根的吸收作用，然後第二個抽水機開始運轉，如此，週而復始。

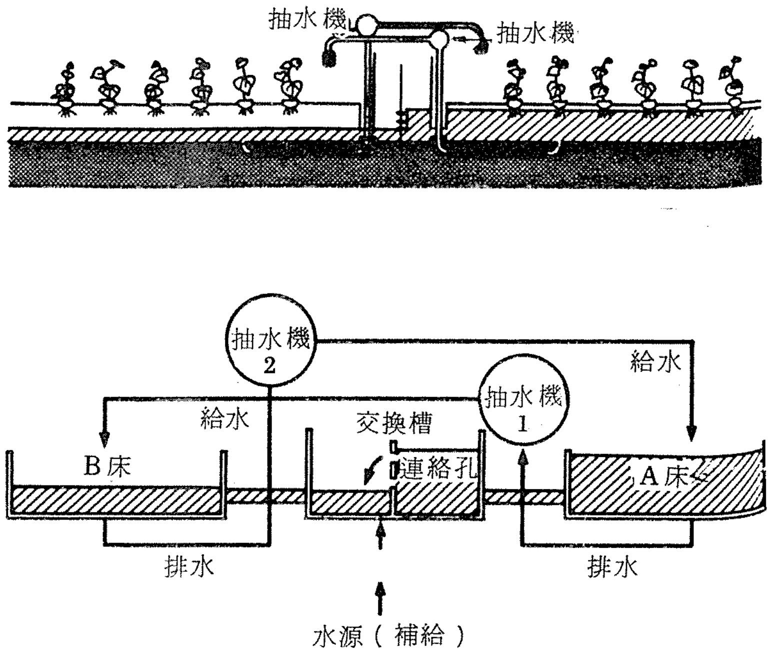



圖 16　上，新和式等量交換水耕裝置略圖
下，培養液之流動示意圖

(6)升降式水耕栽培法

昇降式水耕法的重要特點是，養液的供應採取間歇式的液面升降，使根羣在液面降下時充分獲得氧氣的供應，而在根羣未乾之前液面又上昇以獲得養液的滋潤，可避免裝置其他供氣設備。本栽培法爲作者與呂理組在台中高農所開發，實驗結果情形良好，頗値推廣（圖17）。

(甲)設施

①栽培床：以木板、磚或水泥柱等做框，襯以紅泥布則可，規格爲寬約95公分、長不要超過30公尺。

②栽培盤：可訂製，本物採用市售的塑膠質曬物盤，其規格爲 90 × 90 × 6 *cm*，根可由盤孔下伸。

③養液槽：儲存養液，其大小視栽培床之總體積而定。

④抽水機及配管。

⑤自動灌溉裝置。

⑥播種杯。

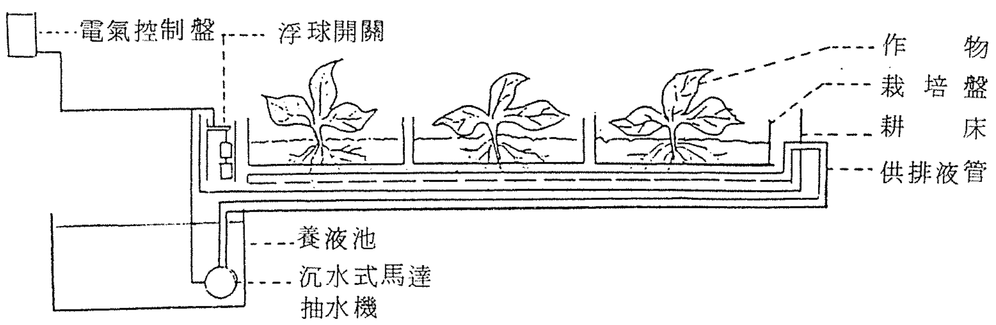



圖 17　升降式水耕栽培裝置

(乙)栽培步驟：

①播種：先將經處理好的蛇木屑置於播種杯或栽培盤中。果菜類可利用播種杯或岩綿（Rockwool）播種；葉菜類則可直接撒播於栽培盤中，播後應覆蓋（見前）。

②移植：將適齡的幼苗連同播種杯（或岩綿）移入於栽培盤中，再把栽培盤置於栽培床中（如爲直接撒播於栽培盤中則不需移植）。

(丙)養液之配製：（見前）。

(丁)管理：

①供液次數之調節：視當季之氣象情況及作物之生長情形可靈活調節養液之供應次數（即液面昇降之次數），在一般情況下，每天供液三次，供液時間 15 分鐘。

②水位之控制：液面位置應隨作物之生長而逐漸調低。

③pH 值之控制：應隨時控制在微酸性之範圍（pH 6－6.8）。

(三)噴霧栽培

如圖18所示，將培養液裝入栽培床之下半部，植物的根羣下垂，先端之一部分浸入培養液中，本法的最大特點就是把培養液噴在露出空中的根羣的上半部。

噴霧栽培的裝置除圖18所示者外，還有培養液槽，抽水機將槽中之培養液抽揚，經由噴霧管的噴頭噴灑於根羣，噴灑時間可由定時計控制。

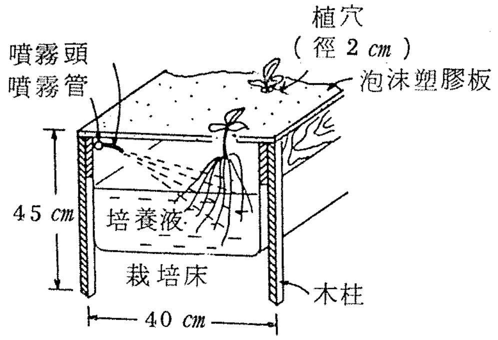



圖 18　噴霧栽培

照片 1. 教學示範用水耕裝置
（循環升降型，台中高農）

照片 2. 礫耕農場
（固定式水泥床，龍潭農工）

照片 3. 水耕實習（台中高農）

照片 4. 屋頂礫耕農場（桃園）

照片 5. 屋頂礫耕農場（龍潭農工）

照片 6. 採收水耕蔬菜（台中高農）

照片 7. 耕床內部構造，掀起者爲定植板

# 養液栽培之主要設施

沈 再 發*

養液栽培爲將作物所需養分溶解在培養液中，並供給充分的空氣或藉由理化性良好的固體介質，使作物的根在適當的環境下得到良好養分吸收的栽培方法。由於設施上有關栽培介質、栽培床、供排液或灌溉、作物支持方法等裝置不同而形成不同之栽培方式。

本文就養液栽培上主要的設施裝置要點分成：(1)以日本所發展之水耕，(2)英國所開發之養液薄膜水耕，和(3)荷蘭之岩綿耕三種行介紹，供本省養液栽培發展之參考。

## 一、日本之水耕

(一)栽 培 床

1. 構造所需具備條件，包括：

(1)構造堅固、不可漏水。

(2)每作收穫後之整理作業簡單。

(3)設置容易、輕便並便宜。

(4)可適合多種類作物栽培。

2. 栽培床之資材：

栽培床可以水泥、保麗龍板、FRP 、ABS 樹脂板、紅泥塑膠布、其他硬質塑膠板或軟質塑膠布造成。其固定資材可以木材、竹材或鐵材等。

以水泥造成者其施工勞力花費多，但耐久性長，使用後之維持費也較低。施工時得注意不漏水。

以硬質塑膠板等規格化造成者，其施工建造作業較簡單，如果規格化大量生產者可得到較低價格，但是自行定製時所需費用較高。

以保麗龍板製成栽培床相互連接起來，其內部再敷以PE塑膠布（厚0.15mm）者，其形狀如單純的話，費用也低廉，裝置施工也容易，且發泡體具有斷熱性作用。但是其耐用性較低，且得注意PE塑膠布是否有漏洞，還有保麗龍板的連接處，得嚴密固定，否則造成高低不平，塑膠布易破裂。

以紅泥塑膠布或軟質塑膠布爲材料，水泥柱、鋅管或木材爲栽培床之固定材，依所需規格做成栽培床，其施工簡易，成本也低廉。

3. 栽培床之大小：

一般栽培床寬爲60～90公分、深8～20公分、長20～30公尺。依栽培方式，作物種類或溫室大小、地形等行決定所需規格，如爲廠牌製造者，各有一定規格。

水耕栽培床做成1／200坡度，但NFT則以1／75－1／100或以上坡度。日本主要廠牌之栽培床大小列如表一。

---

* 農試所鳳山熱帶園藝試驗分所

表一　日本主要水耕廠牌栽培床之規格大小

| 水　耕　方　式 | 寬　cm | 長　cm | 高　cm | 質　材 |
|---|---|---|---|---|
| 協和Hyponica | 104 | 315 | 8.5 | ABS樹脂 |
| M　式 | 70 | 120 | 17 | 保麗龍板厚3 cm |
| 等量交換 | 60或90 | 90或180 | | 保　麗　龍　板 |
| 久保田1號 | 70 | 345 | 9 | ABS樹脂 |
| 神園式 | 80 | 20m | 10 | PE布、水泥柱 |

(二)供排液之裝置

1. 水耕方式之供排液系統：

循環水耕的基本型式爲將水源通到養液池，將肥料鹽溶解於養液槽（池）內，以泵浦啓動揚水，經由水管流入栽培床內，並在栽培床內保持一定量的水位，高於一定水位的培養液由設置的排液孔經由排液管自然回流養液槽（池）。以定時控制泵浦行間斷性供水和排水，使養液由養液槽（池）和栽培床間循環。茲以日本之主要水耕供排液系統列如下供參考：

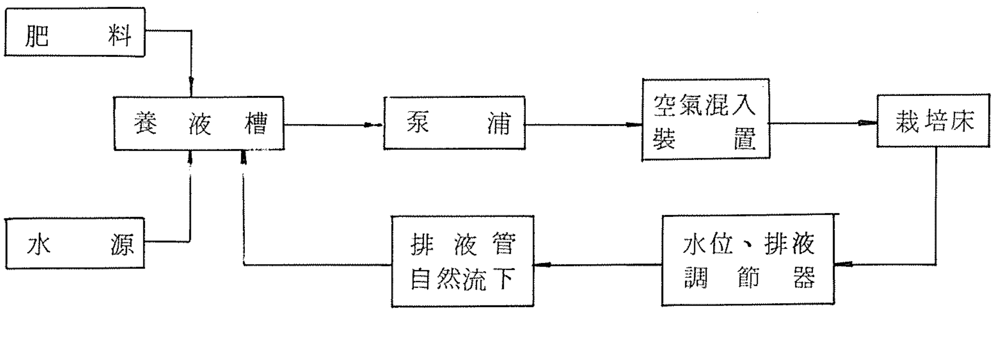



圖1　強制循環式水耕（協和式）

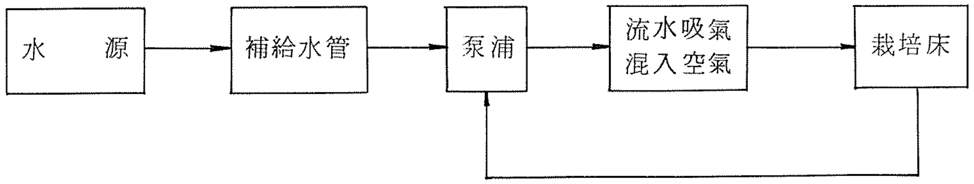



圖2　M式水耕

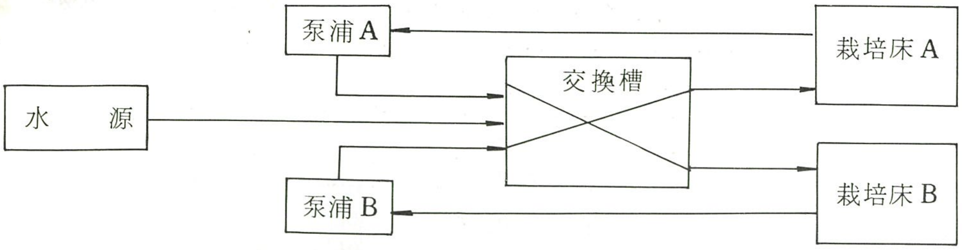



圖 3　等量交換式水耕

協和式水耕之設施需要有養液池。而M式和新和等量式水耕則不必有養液槽（池），將栽培床內之培養液以泵浦直接抽水，在循環的過程途中以空氣混入裝置行栽培床間的循環。

2. 空氣混入裝置：

供氧爲很重要之裝置，各種水耕栽培法都講究其特色的供氧方法。

培養液之循環時，泵浦爲不可缺乏機器。不具養液槽的M式由泵浦供水循環中以流水方法吸氧（如圖 4 ）。其循環之塑膠管延伸於栽培床內，並每一定間隔具有 1.0 － 2.0 mm的細孔以噴射出培養液。其吸氣裝置設於泵浦（通常 1000$m^2$以揚程 8 － 10 m、揚水量 300 － 350 ℓ／分）的供水管的基部，噴孔所噴出的空氣混入液儘量靠近作物的根部。

協和式則在供水管口裝上曝氣裝置，使形成許多之氣泡而沖入栽培床中（圖 5 ）。

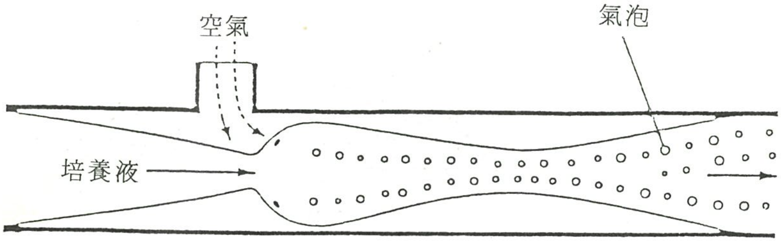



圖 4　M式之流水吸氣

圖 5　協和式之曝氣裝置

久保田式則以有孔塑膠管裝於栽培床上部分，於塑膠管上以一供水管蓋使噴出的養液在空間後落下時帶進空氣（圖 6 ）。

噴霧耕則通常在供水管上每90公分間隔裝置噴頭，以霧狀供液到床內並直接供到作物的根部上。

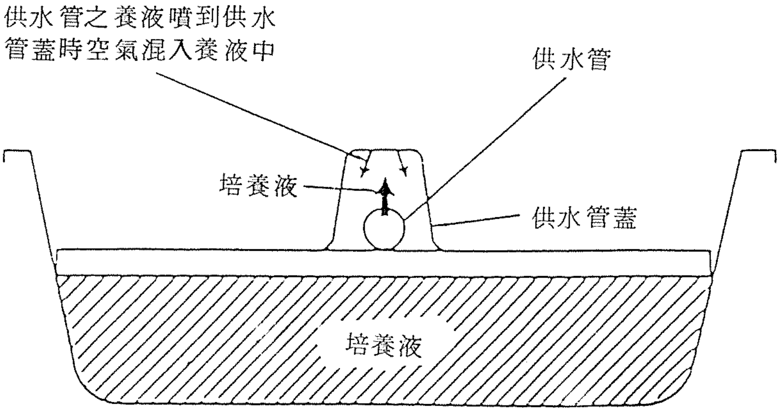



圖 6　久保田供液方式

其他也有設坡度的床，以段流的方式配合用水閘分成數段，使養液由上向下流水之間增加溶氧量（圖 7 ）。

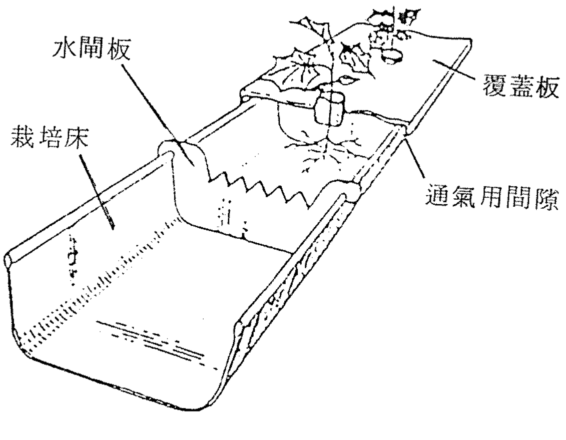



圖 7　段流型栽培床之構造

3. 排液管：

培養液由栽培床自然流下到養液槽。於栽培床保持一定高度的培養液，其液深可自由調節者，如協和式Hyponica於排水管上設有高低調節水位固定片，依生育期行水位高低調節（圖 8 ）。

爲防止根流入排液管堵塞了裝置，於排液管外裝置排液孔帽也是很重要的（圖 9 ）。

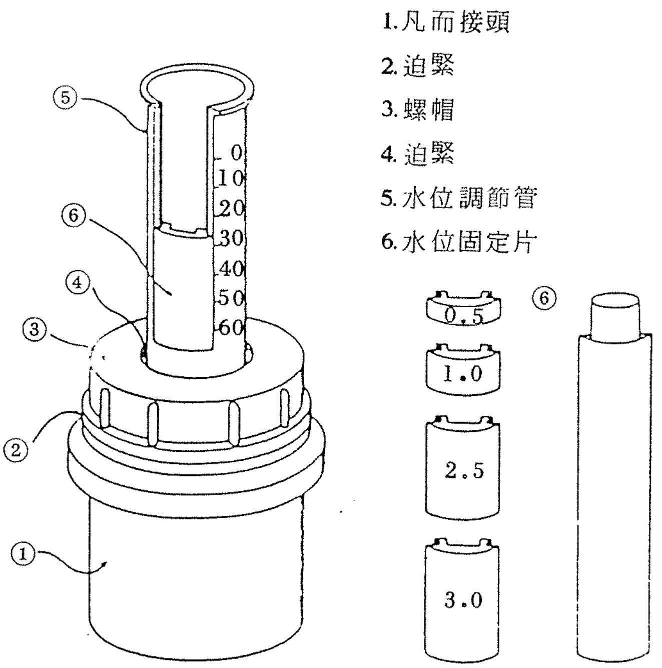



圖 8　協和式排液調節器之構造

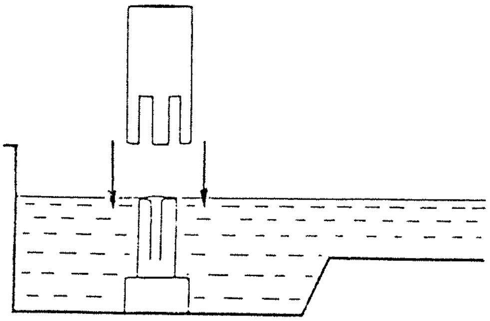


圖 9　排水管防止根流入堵塞的裝置

㈢栽培床之覆蓋板：

栽培床之覆蓋板至少有下列功用，包括：作物之固定與支持，防止藻類之繁殖、緩和根部溫度劇烈的變化，和防止灰塵侵入栽培床內等。因此該覆蓋板之資材，得要堅固耐用，使根部密閉起來，並具有斷熱的效果。目前以保麗龍板為覆蓋者為多。由於保麗龍板具有斷熱效果，且也能負荷作物的重量。栽培床之覆蓋板開有種植穴，其間隔距離或大小則依作物別或育苗法有所不同。但是此保麗龍板於直射光下，品質易劣化，最多僅能用 4 － 5 年。因此，也有在其上面再蓋上一層反射性之塑膠布。

㈣養液槽（池）:

1. 養液槽的容量：

依栽培方式則其容量有差異。礫耕或循環式水耕適果菜栽培者，如日本協和Hyponica，神園水耕等，十公畝地需設25－30噸容量。留在栽培床內之溶液量依水位而不同，如以 3 公分深度計算時，每分地約20噸溶液。再加上養液槽內之養液，兩者合計為40噸。

依鳳山分所行夏季洋香瓜水耕測定1株1日的蒸發散量，於幼苗到開花期爲 0.69 公升，開花期到小果期爲 1.55 公升，果實肥大期爲 2.86 公升，果實成熟期爲 2.04公升。栽培期間爲 71 日，平均每株 1 日消耗 1.66 公升。每十公畝（以 2,400 株計算），計約消耗 283 公噸養液。春季洋香瓜幼苗到開花期爲 0.67 公升，開花期到小果期爲 1.18 公升，果實肥大期爲 1.98 公升，果實成熟期爲 1.45 公升，栽培期間爲 82 日，平均每株 1 日消耗 1.59 公升，每十公畝（以 2,400 株計算），計約消耗 313 公噸。容量較少的栽培方式，栽培槽容量約爲 4 － 8 公噸。而此容量小者，就得有自動的供水裝置，和養液濃度的控制系統。但是並非所有的栽培方式皆需設置養液池，也有不設養液槽者，如日本之M式及鳳山熱帶園藝試驗分所推行之浮根式。另日本新和等量交換式同樣不必設養液槽。

於水源的補給過程中，以濃厚的培養液用自動的稀釋裝置器行混合補充。也屬於不具養液槽的栽培，當然養液池容量與設施費用有關，容量小者設施費用低，但得附自動控制裝置（圖 10）。

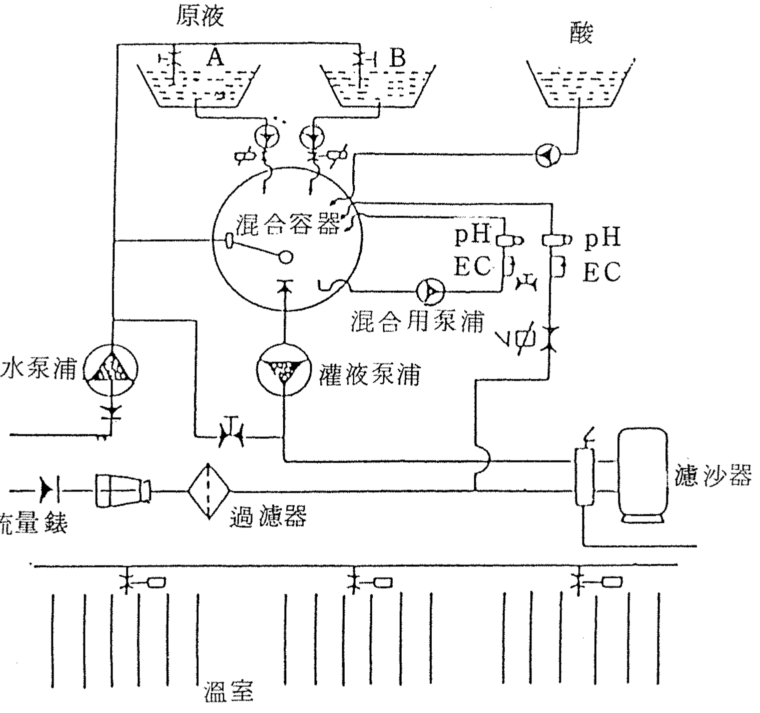



圖 10　培養液自動控制裝置

2. 養液槽之質材和施工：

容量爲 20 － 30公噸時，通常設於地下以鋼筋水泥造成。其表面塗上防水層或柏油（瀝青）以防漏水及水泥的有害成分溶解。較小容量者可於水泥池內面以ＰＥ塑膠布墊起來以防漏水，如容量小於 10 公噸以下，尤其是 3 － 5 公噸者，可以FRP製成。

養液槽之設計施工時，宜注意地表水或地下水的流入或滲入，而設於地上部FRP 製養液槽，要注意下大雨時勿因容水量少而被雨水所浮起來或倒下。另有關養液槽之塗料或內容的配管，得留意溶解出有害作物的物質。

其他大型養液池得裝設養液之攪拌用的配管，以使養液之混合均勻。

有關日本主要水耕型式之主要裝置特徵如表二。

表二　日本主要水耕型式之裝置特徵

| 型式 | 供排液系統 | 氧氣之供給 | 作物之支持 | 養液槽之有無 | 培養液之管理 | 栽培床 | 價格(日幣／坪) | 特點 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 協和 Hyponica | 循環 | 曝氣裝置 | PE盆及石礫 | 有 30噸／10a | EC, pH | 硬質塑膠板 | 30,000 | 特殊曝氣裝置 |
| M式 | 床內循環 | 流水吸取 | 泡棉和保麗龍板 | 無 | EC, pH | 保麗龍板 | 30,000 | 流水吸氧，不具養液槽 |
| 新和等量交換 | 床間相互交換 | 交換水供氧 | 泡棉和保麗龍板 | 無 | EC, pH | 保麗龍板 | 12,000 | 不具養液槽水位調節 |
| MIKADO NFT | 循環 | 流動水 | 泡棉和保麗龍板 | 有 5-7噸／10a | EC, pH | 波浪板 | 9～15,000 | 波浪板床自行施工容易 |
| 神園式 | 床內循環 | 流水吸取 | PE盆和保麗龍板 | 有 25噸／10a | | 水泥柱塑膠布 | | 裝置簡單便宜 |

## 二、英國之養液薄膜法(N.F.T)

養液薄膜法之供、排液和養液循環與前述之水耕方式有所不同。因爲其栽培床容積較小，栽培床得設有坡度。由頂端供液，並形成一層薄膜之水層向下流。所流下的養液量也很少，使根可接觸到液面的空氣而形成有如海綿狀的根系。栽培方式之供、排水系統如圖11。其主要裝置可分爲下列數項：

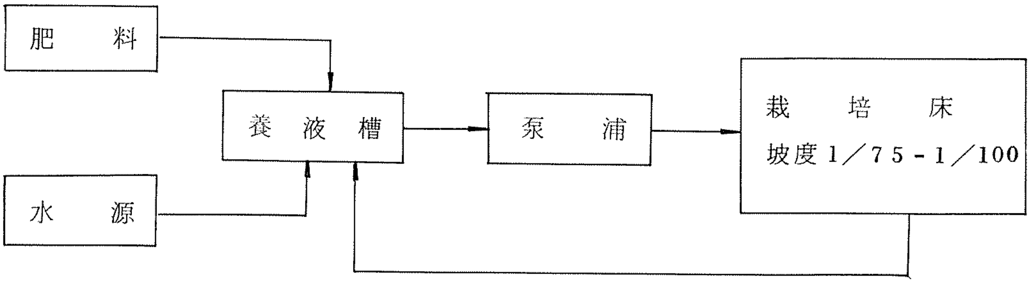



圖 11　養液薄膜法水耕

(一)栽植槽(Gully)：

具有各種形式，可依所需形狀由金屬或預先成形之塑膠製品製成。槽寬度約25分(番茄)至30公分(胡瓜)。栽植槽外用黑白塑膠布包覆，白色向外供植株吸收所反射之光綫，黑色面向內做爲根部保溫之用。塑膠布之兩邊沿栽植槽向上，於植株間以固定夾固定呈三角形，養液及根部則在三角形底部。養液之供應則經由一條軟管灌入槽中，有時爲避免軟管阻塞也有採用二條獨立的軟管供應。栽植槽之長度一般以20m爲宜，過長時易導致缺氧，但是若依槽的長度將養液分2或3處注入槽中，則可避免此種缺氧現象。

㈡坡度與流速：

養液自栽植槽緩慢流向集水槽，並在栽植槽內的根周圍形成一淺薄的養液層。爲保持良好的充氣作用，養液之流速必須適當，（一般每栽植槽每分鐘2－3公升的流速被認爲最恰當）。深度則不可超過10mm。影響流速的原因除了槽寬，根群的多寡，養液供應速率等之外，坡度的大小也是一項重要因素。經長期的試驗及觀察，認爲栽植槽之坡度以1／75至1／100爲宜。

㈢循環泵浦與配管：

在小型的NFT裝置中，管路及泵浦的裝置非常簡單，其管路大小及養液供應速率較好計算，唯一之要求爲泵浦必須容易拆卸，以便淸除內部積存之雜物。但是大型的設施中，常採用標準型無離心力之馬達，所用管路通常爲硬質PVC或ABS材料，在連接處以液接法（Solvent-welding techniques）粘合，並在主要管路上接許多小軟管，作爲供應養液之管路。

㈣吸水墊（Capillary matting）：

吸水墊的主要目的在使每一行中每一植株的根系都得到均一的養液供應，並使早期的管理工作簡單，剛定植的幼小植株不因養液的流動而流失。但此法之缺點爲當根貫穿吸水墊底部時將使氧氣之獲得更加困難。爲了改善此缺失，建議採用較窄之吸水墊，分別橫放或直放於栽植槽內，只要使少部份根部附着於墊上，以達到經濟，通氣良好的效果。

㈤營養液槽（Catchment tanks）：

設於整個系統的最低點，一般都埋入地下。材料採用玻璃纖維或水泥造成，但必需要能隔光以避免藻類之生長及土壤病原菌之污染。一般槽的容量並不需要大至全部養液的容量，僅需容得下全部營養液的10－15％即可，讓其餘大部份的養液在系統中循環。但是較大的槽可容得下較多的養液，使pH值及養液濃度較穩定。槽中水位高度可由連接主供水管上的浮球開關控制，亦可用電極法來控制及記錄水位高度。回水管槽之設計應注意到改善充氣作用並使營養液混合均勻。

㈥鹽類濃度控制器（Salinity Controllers）：

截至目前爲止，在養液栽培中，測量導電度（electric conductivity）仍爲控制養液中鹽類總濃度的唯一方法，此法乃測量通過二個或二個以上浸於養液中的電極之電流，當鹽類濃度高時，導電度較大。自動控制系統於EC不合所設定之濃度時，除監視外並自動啓動馬達注入調整液。導電度所用之單位爲microsiemens／cm（$\mu Scm^{-1}$），通常簡寫爲$\mu S$，其他單位如millimhos，millisiemens及CF。其關係如下：1 millisiemen（mS）＝1 millimho（mmho）＝1000$\mu S$＝1000$\mu$mho＝10CF單位。

導電度因溫度而隨之變化，大約是溫度每升降1℃，導電度隨之改變2％。因此可利用此一特性推算另一溫度下之導電度，但大多數的自動控制系統附有溫度補償裝置，可補償至25℃。並且在養液栽培中，鹽類濃度之設定亦非一成不變，而是依據許多因素來決定；例如植物之生長期、季節、水質等。在硬水地區，農民以番茄作經濟栽培時，常將早期之導電度設定在4,000$\mu S$，但在第一花房開花時則調高至10,000$\mu S$以抑制其生長。因此在設定EC值時必須考慮各種因素。事實上，當水中所含有的某種金屬元素超過作物的需要，或所供肥料與作物之養分吸收比例不一致時，自動控制雖然可使得EC值維持一定，但其間個別養分含量變化則無法測出；因此定期的化學分析是有必要的。一般建議是，對於主要元素N，P，K，Ca，Mg應每10－14天測定一次，微量元素則每個月測定一次。

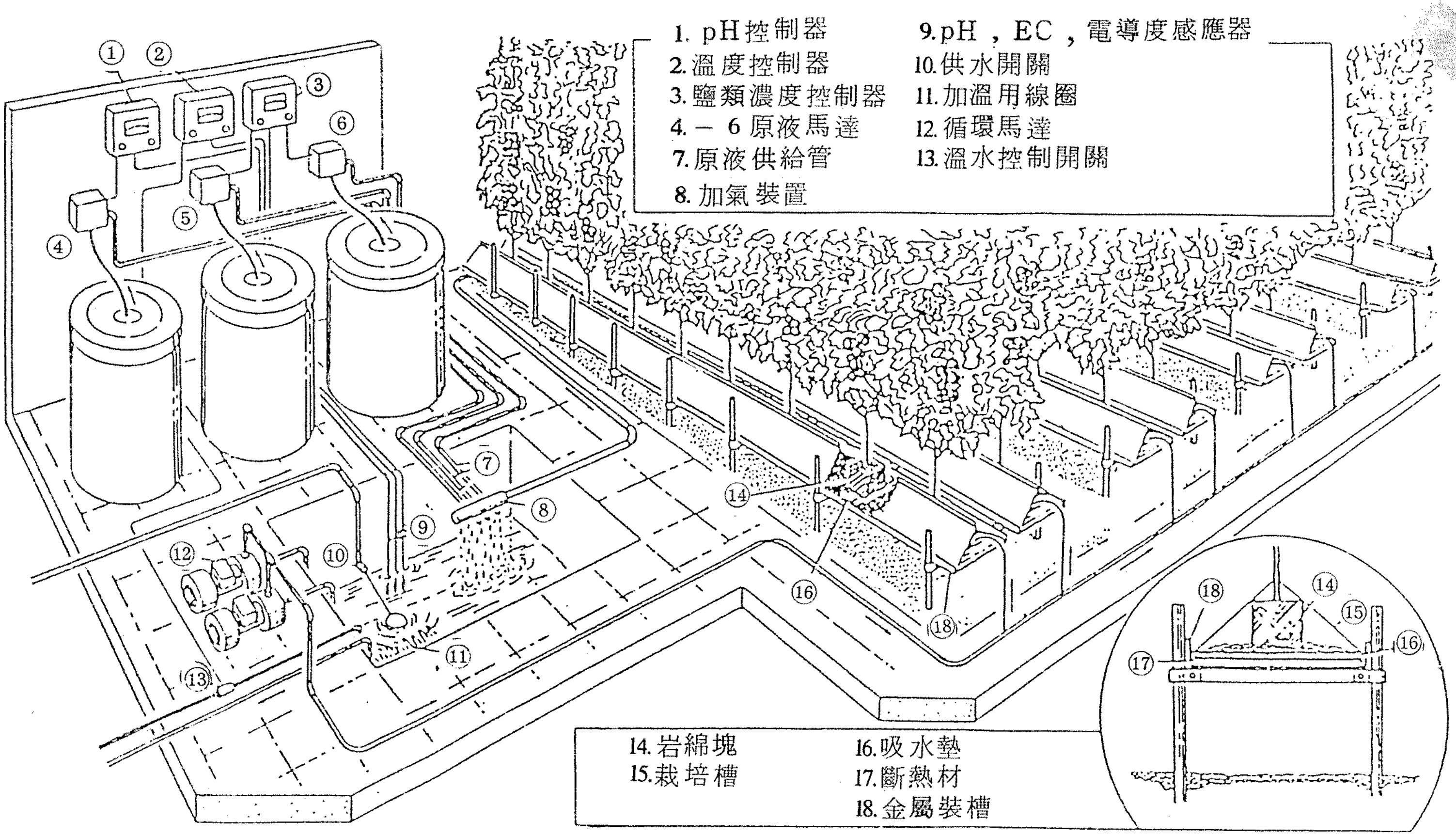



圖 12　養液薄膜法之構造

(七)酸鹼度控制器（pH controller）：

番茄栽培時pH值設定在5.5～6.5之間，藉著養液槽中的玻璃電極棒測定。於所設定之培養液中，若pH值過高時，自動控制系統則注入適量酸液，以平衡pH值。調整用的酸液多爲硝酸及磷酸之混合液，以避免調整後其他要素養分之改變。這些酸的原液在使用前都稀釋成1：10或1：20；在調配養液時，pH值不必調得極精確，細部之校正可由自動控制系統爲之。在調製酸液時，下列一些事項是十分重要的，例如在稀釋時，必須將酸液加至水中而不可將水加至酸中；貯存時避免向陽處或靠近輻射處，另外避免酸液濺在衣服或皮膚上也是很重要的。

## 三、荷蘭之岩綿栽培

岩綿爲玄武岩、石灰岩和焦炭爲原料製成，其重量比爲4：1：1，於1600℃高溫熔解而製成纖維狀。此纖維經由酚樹脂處理使其具有安定性與親水性。所製成之岩綿空隙率高（97.8%），因此爲保水性與通氣性良好的固體栽培介質。通常岩綿於灌水後，約有60%含水率，可保持多量液體。因此，不必像水耕在一天之時間內供給多量的養液，只要在一定時間內將蒸發散所消耗之水量，於時間內慢慢地補充就可。

有關岩綿的供排液方式大致可分爲二種：一種爲以較多量的培養液行灑水式灌溉，多餘之培養液經由排水再集到養液池，形成養液的循環。另一種依蒸發散量大致相同的培養液，以點滴式灌溉慢慢供給，略有多餘之培養液則由岩綿袋之排水孔排掉，不再利用，或稱爲非循環式。荷蘭等歐洲國家則以後者行灌溉佔大多數。

**(一)岩綿栽培裝置方法說明如下：**

1. 標準式（Standard system）或稱岩綿床法：

栽培用岩綿以塑膠布包起來（Rockwool foil）。溫室整平後以2%福爾馬林液消毒，地面以0.07mm白色塑膠布覆蓋，將岩綿床（通常番茄、甜椒用岩綿床長、寬、高爲90×15×7.5cm，胡瓜用者爲90×20×7.5cm），排放於覆蓋塑膠布上。於根圈岩綿床之下設置加熱管。將育苗之岩綿塊（Rockwool cube）定植於岩綿袋上（番茄、甜椒育苗用之岩綿塊大小爲75×75×65mm），培養液灌溉以電腦控制滴灌（drip），每株各一滴管。多餘之滴灌培養液由岩綿袋下面之塑膠布剪裂縫排出（非循環式）如圖13。如果排水較差之地面，則需埋設排水管。該栽培方式適用之作物包括胡瓜、番茄、甜椒、茄子等。

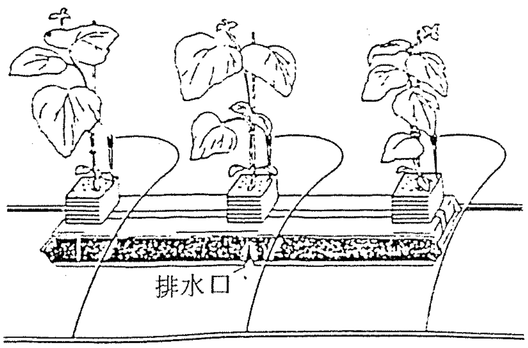



圖13　標準式岩綿栽培法

2.栽培槽式（Gutter system ，Gutter strip system, Gutter cube system）：

以保麗樹脂等製成栽培槽，栽培槽放於地面，槽內放置岩綿條（Strips）或岩綿塊（Cubes）。岩綿條之長、寬、高爲 90 × 10 × 7.5 cm或 90 × 10 × 10 cm ，岩綿塊之長、寬、高爲 10 × 15 × 10 cm，或 15 × 15 × 7.5 cm，或 15 × 15 × 10 cm。槽內調節使經常保持 1 ～ 2 公分深度之培養液。該栽培方式培養液可分成滯水式（Stationany water 或稱非循環式）和循環式（Circulation water）。循環式並非水經常流動，而爲間斷性滴灌，每株灌溉方法與標準式相同，同時有少量排出。所排之培養液可收集於供水池內繼續使用（圖 14）。

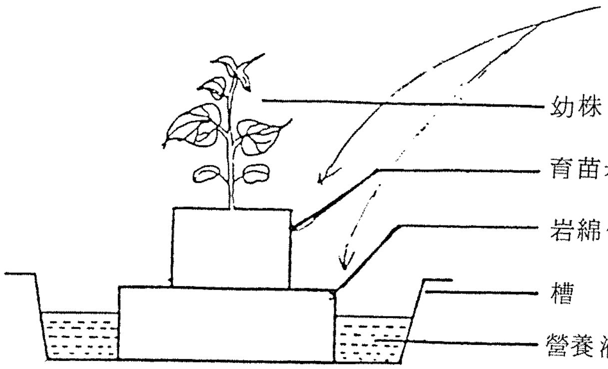



圖 14　槽式岩綿栽培法

(二)培養液灌溉之自動化裝置：

岩綿栽培之培養液每株作物以滴灌方式灌溉，測定正確的特定作物的消耗（包括吸收和蒸散等）培養液的量，再以安全起見增加消耗量的20％供給培養液。其灌溉的自動化，目前有下列不同種類控制方法：

1. 日射量法

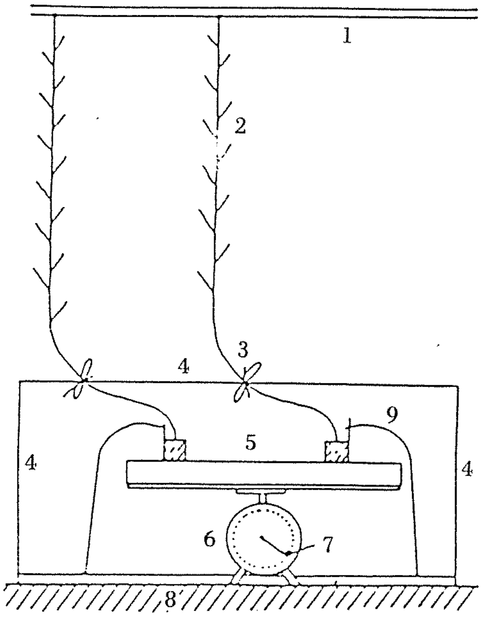
作物之蒸散量與日射量和溫度成正比例，而作物之供給培養液以日射量換算設定之。例如日射量之積算值爲 80J／cm² 時以 100ml 灌水。爲避開溫室之影響，行定時灌溉。因此於各溫室都設有氣象台，以資料之輸入及輸出而達灌溉之管理，此方法爲荷蘭廣所應用。

2. 天秤法

岩綿放於台秤上面，作物之吸養液使岩綿之重量減輕時，灌水就開始的設定方式。此方法適用於番茄和胡瓜，其作物本身之重量可以支柱來負擔者爲限，對於甜椒之本身重量，需附著台秤上者，則不適宜（圖 15）。

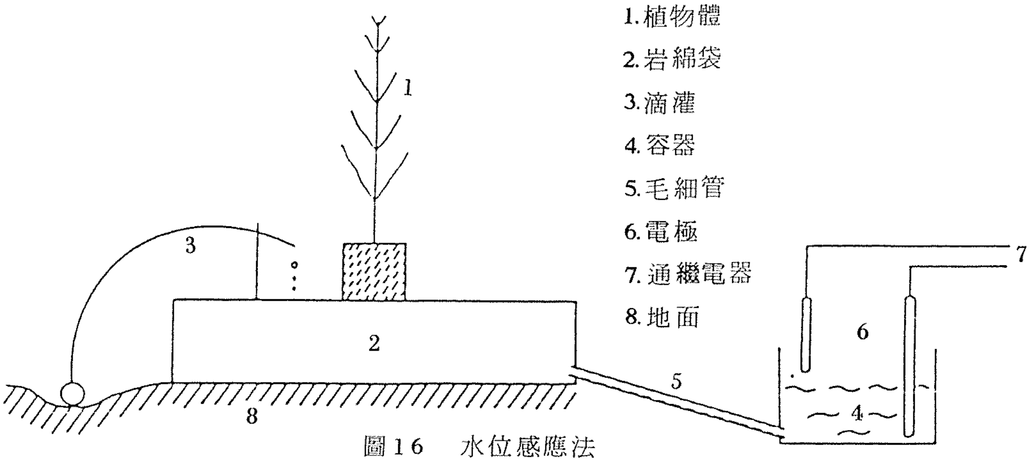
3. 水位感應法

二支電極棒以毛細管與岩綿互爲連結一起，電極棒二支都浸在水中時則灌溉停止，於水位降低、電極露出水面時灌溉開始。但是此方法以蒸發散速度略較岩綿所排水量的流速大者爲限。因此，荷蘭在 2 月中旬到 3 月上旬以前之冬季，不適用此方法（圖 16）。




1. 支柱
2. 植物體
3. 固定的莖
4. 固定用棒
5. 岩綿袋
6. 天秤
7. 開關（通繼電器）
8. 地面
9. 滴灌

圖 15　天秤法




1. 植物體
2. 岩綿袋
3. 滴灌
4. 容器
5. 毛細管
6. 電極
7. 通繼電器
8. 地面

圖 16　水位感應法

# NFT養液薄膜栽培

張 國 珍*

近年來，工業先進國家由於勞力缺乏，農業耕作面積逐年減少，更爲求生產穩定，品質優良，而逐漸發展出精緻密集的設施及養液栽培技術。目前台灣農業原始粗放的耕作方式亦在轉變中，而如何利用設施達到周年生產，減少農藥殘留與汚染，克服連作障礙，節省人工，提高品質與產量，並進而提高農民所得，這些都是我們所應努力的方向。

## 一、NFT養液薄膜栽培之基本構造

養液栽培使作物離開了土壤，生產上較不受天候影響，而宛如一座植物工廠，可全年連續不斷的栽培生產。此構造基本上乃爲給液泵浦透過ＥＣ控制器，將原液釋放入養液槽，經沉水馬達將混合均勻的養液抽送到每一栽培床，此栽培床乃由固着葉菜、花卉等作物之保利龍板，具支持作用之鍍鋅鋁面板及角架，及供養液通過之ＰＥ塑膠布所組成，其斜度爲八十分之一，長度則分22、27公尺二種。養液經作物吸收而濃度降低，其迴流入二栽培床中間之養液槽後，則由濃度探測器探知，而透過給液泵浦ＥＣ控制器，將原液釋放入養液槽，再經沉水馬達而抽送混合均勻之養液到栽培床，如此周而復始，構成一循環系統。略圖如下：

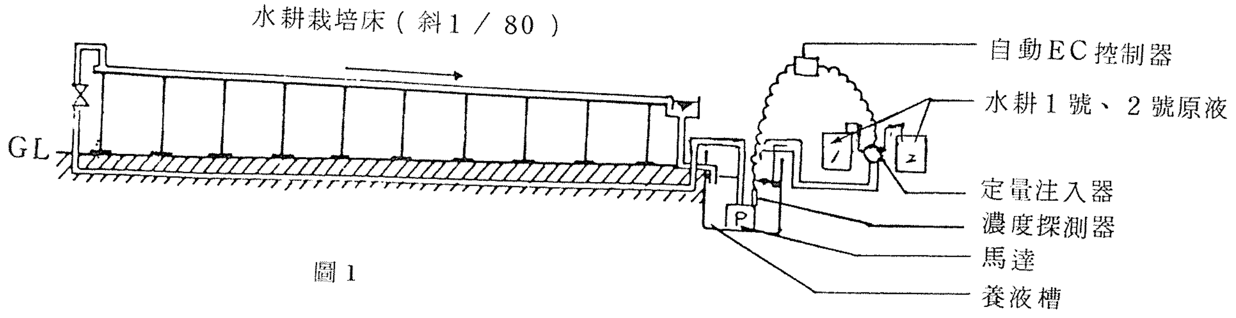



圖 1

## 二、溫網室與NFT養液薄膜栽培材料

㈠溫網室材料：

1.鐵　　管：

目前以四分鍍鋅鐵管爲骨架，採連棟式，網室長度爲55公尺，寬5公尺，高3.2公尺，每鐵管間距離爲50公分，連棟後則爲25公分，穩固度可提高（圖２）。

2.塑膠布：

頂間覆蓋日本みかど公司0.2mm厚之專利網紋塑膠布，波浪形網紋有防止裂開處擴大之效果。

---

*大學山地農場春陽分場

圖 2

3. 尼龍網：

網室四周以MINI PET鋁面槽固定32目之白色尼龍網，以隔離昆蟲類。

4. 鋁　門：

爲方便進出每棟前後各裝一座活動型軌道鋁門（圖 3 ）。

圖 3

5. 排水槽：

連棟網室交接處安裝U型專利鋁面板，以利雨水回收或排除（圖 4 ）。

圖 4

㈡溫網室內NFT養液薄膜栽培材料：

1. 育苗盤：

採用硬質保利龍板，長 57 公分，寬 30 公分，厚 3.3 公分，盤內舖上厚 2 至 2.5 公分之海綿，種子直接播種於海綿上，行株距為 2 或 2.5公分，粒數則以 2 粒最標準。當二片本葉展開時，即可定植於栽培床上，一般自播種至定植所需天數依溫度與品種之不同，約在 6 至 12 天左右（圖 5 ）。

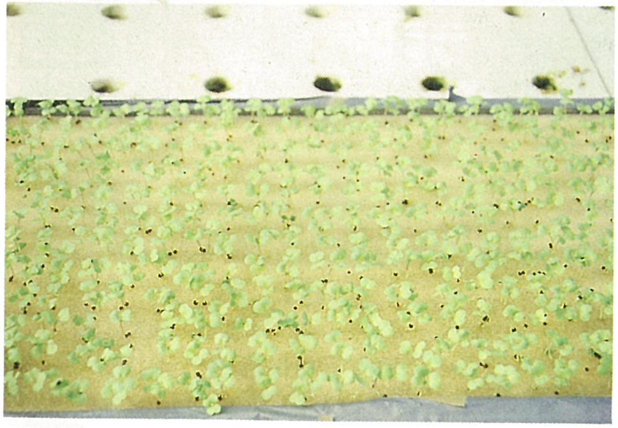


圖 5

2. 栽培床：

在 5 公尺寬之網室內，有寬為 120公分之栽培床，共 2 組 4 區，其中間則以養液槽連接，前二區為 27 公尺，後二區為 22 公尺之栽培床，栽培床面中央凸起，將栽植床分成10槽，每槽深 1.2 公分，寬 12 公分，長度則為 22 、 27 公尺二種，支持此鍍鋅鋁面板栽培床之角架，每間隔 118公分處有一支。栽培床面則由長 60 公分，寬 52 公分，厚 1.6公分之保利龍發泡面板連接而成。此保利龍板上有行株距 12 × 9 公分之圓形栽培孔 30個，總計每分地共有四萬八千個栽培孔（圖 6 ）。

圖 6

3. E C 控制器：

利用離子導電度之不同而控制養液之濃度，一般生長初期E C 値定在 1.2至 1.5之間，生長中期則依作物之不同可調高至 1.8 至 2.5 之間（圖 7 ）。

圖 7

4. 給液泵浦：

當養液槽內之營養液濃度降低時，則由給液泵浦將 1 號、 2 號二種原液釋放入養液槽內。

5. 濃度探測器：

置於 8 噸養液槽內，可隨時探測養液濃度，另一端則連接E C 控制器，以利養液補充之功能。

6. 養液槽：

由玻璃纖維製成，可容 8 噸養液，爲防止日光照射及水溫變化，故埋設於地下 2 公尺處。

7. 沉水馬達：

NFT 系統爲連續循環式，而以 2 馬力沉水馬達來抽送養液。每分鐘每分地可抽送 160 公升之營養液至16 個栽培床上，即每個栽培床每分鐘有 10公升營養液流過。

8. 原液槽：

高 90 公分，直徑爲 60 公分之原液槽二個，分裝 1 號及 2 號原液，此原液乃由 1 、 2 號固體肥料加水溶解而成，須注意不可混合，以免起化學變化（圖 8 ）。

圖 8

9. 發電機：

電力公司停電時，須立即發動發電機，以免循環系統中斷，而有缺氧致死之虞。

## 三、栽培現況

台灣大學附設山地農場於民國75年自日本みかど公司引進草莓及葉菜類養液薄膜栽培二套系統。其中草莓有一分地，設於海拔二千一百公尺高之梅峯本場。葉菜類有二分地，設於一千二百公尺高之春陽分場。草莓類經觀察試驗春香、千鶴、如寶、女峰、久能早生、麗紅等品種後，發現以久能早生品種最佳，其果實大，耐運輸，且適合高海拔夏季生產（圖 9 ）。台大春陽分場初期栽培者有日本みかど公司缺葉、圓葉、白葉與白梗及青梗西洋芹菜（圖10）；梅峯自採青梗白菜、菠菜；農友公司豐燕、喜燕小黃瓜與 301 番茄等。民國 76 年 9 月底並試種 250 平方公尺磯松（星辰花）發現其抽花相當整齊一致，採收期比同時間栽種同品種提早20天左右。由此可見水耕花卉亦是可發展的（圖11）。 而目前春陽分場則以小白菜爲主，因其頗受市場歡迎，單一種類管理容易，且小白菜類生長速度快，採收包裝皆方便。

圖 9

圖 10

圖 11

## 四、栽培管理應注意事項

1. 品種之選擇：

即使同為菠菜亦須從生長速度、抽苔與否、市場接受程度、品質等方面作不同品種間之選擇。

2. 育　　苗：

採收後所空餘栽培床面積一定，故須特別注意其播種數量與時期。

3. 定　　植：

一般以鑷子將半分離之海綿塊拉斷，塞入保利龍板上之圓洞內，初期因根系未長滿空隙易掉落，故不可隨意將保利龍板掀起。

4. 出入水口處：

營養液經陽光照射會有藻菌類滋生，須覆蓋黑色塑膠布。

5. 生長期間：

須注意出入水口是否堵塞，原液槽肥料之添加，停電時期發電機之起動。

6. EC值之設定：

生長初期可定在1.2至1.5之間，生長中期依作物之不同而調至1.8至2.5之間。EC值調高雖可使生長速度加快，但當葉緣有嚴重焦枯時，則須降低EC值。

7. pH值：

定期測定之，必要時加硫酸或氫氧化鈉調整。

## 五、NFT草莓養液栽培要點

1. 育苗技術：

①採苗時期與苗之大小：

時期以八月中旬至九月中旬，葉片3枚，株重3g的苗最適當，過早育苗易造成徒長，影響花芽分化。

②方法：

將苗假植在NFT葉菜類養液栽培床，每分地可假植48,000株，株距5×7公分，養

液濃度0.4mS／cm，假植經5日即可成活，如此一來可提高育苗數，成活後再隨苗發育調整濃度。

③苗之健化與花芽分化之促成：

低氮肥能使花芽分化提早，當硝酸鈣濃度在100ppm 以下時，草莓葉色轉爲黃綠色，或較土耕顏色淡，氮肥降低後，水溫維持在攝氏25度，溫度過高，可用50%遮光網覆蓋頂部。在土耕方面可用冷却管來降低根溫，或用冷水處理。確知花芽分化後ＥＣ值可調到0.8mS／cm。

2. 定植時期行株距及養液濃度：

平地栽植在國曆九月中旬，日間溫度28℃～25℃即可定植，海拔2,000 公尺高冷地，除了冬季需要保溫外，其餘時間，不受氣溫之影響，可考慮周年栽培，但應注意品種上之選擇。76年度台灣大學山地農場，曾取久能早生，豐香、麗紅、春香、千鶴，幾個品種進行養液栽培試驗，初步發現，春香短日系，不適合高冷地的低溫與長日照栽培。久能早生雖有走蔓發生問題，如以遮光控制，此品種產量頗豐，可取代其它品種做周年產果栽培。栽植行株距爲18×16公分，人行工作步道75公分，每分地可栽植9,000植。養液濃度初期EC以1.2～1.5之間。產果期順應品種特性，可調整到2.2～2.5之間，養液EC濃度過高，葉緣及果實萼片容易產生葉燒，果實盛產期ＥＣ值在2.2～2.5之間，葉緣上亦會有褐色輕微的葉燒，在養液栽培裡，還屬正常，草莓產果量亦相對的提高。

3. 草莓養液栽培法，是避免土壤連作之障礙，節省農業勞力爲出發點，此種方式，是將土壤換成活水外。摘芽、摘葉、摘花，溫度調整和土耕相同，產果期肥料應稍加留意且注意養液水之流動。

4. 高海拔冬季種植，應注意溫度設定及控制，夏季栽植應注意溫度及日照，午間可用黑遮光網覆蓋，降低溫度。

5. 草莓更新種植時，設施內應全園消毒，可用億力1,000～2,000或蓋普丹500倍處理。

6. 定植後應注意根部水量高低，根群若無泡到養液水，成活率即不佳。

## 六、NFT養液薄膜栽培之優點

養液栽培方法使農業進入了一個新紀元，使農業由一個看天的時代，進入了集約企業化的階段，玆分述優點如下：

1. 生長快：

水分、養分24小時不斷供應，故生長速度快，加上育苗與生產區分開，當作物將急速生長，需要大量空間時，才移到栽培床，故面積利用率增加。以菠菜爲例定植到採收只須18到20天，小白菜則爲20到25天。故每年可生產13至15期，單位面積產量高出土耕甚多。

2. 節省人工：

無除草、整地、澆水等傳統上最耗費人工的問題，且栽培床最高處94公分，最低處71公分，與腰部齊，採收輕鬆。

3. 可生食：

葉菜類栽培時間短，農藥噴灑次數可降到最少，甚至不噴，加上不帶土，故相當衛生安全。

4. 雙層化栽培：

栽培床離地面最近者71公分，其底下所留下的大量空間，則可考慮觀葉植物、報春花等陰性植物之栽培，增加土地面積之利用率（圖12）。

圖12

5. 連作障礙少：

養份供應充足，無長期栽培同一作物導致某些特定物質缺乏，而引起障礙之問題，土壤傳染性病害亦能避免。

6. 維修費用少：

設備持久且堅固，可減少更換及修理費用，反觀土耕栽培，需要大量人力，農機及設備維修費，在運作方面，常會碰到困難。

7. 管理容易：

從整個栽培過程，全部自動控制，無需人力操作，栽培者只注意種植期及採收期，且彈性注意市場動態，可將成本降到最低之程度。

8. 生產彈性大：

猶如農業工廠，完全掌握時間空間，也可因市場需要，活潑且有彈性調整多樣化產品，且較不受颱風等天候上的影響。

目前在國外除了水份、養份自動供應外，甚至溫度、光線強度、二氧化碳濃度皆可自動控制，即使外面下著雪，溫室內之作物仍可在最佳條件下，以最快速度生產出多量且品質優良的產品。臺灣之養液栽培尚屬萌芽階段，由於材料大多由國外進口，初期投資成本相當高，使問津者往往望而生畏，故如何降低投資額，爲當前努力目標之一。夏天中午時分，常有溫度過高之現象，目前應對之措施有：溫室上方加開通風口以利熱氣交換；網室邊加捲軸，必要時將兩邊塑膠布捲起；噴灑細霧狀水吸收空氣中之熱而降溫等，但各有優劣，如何找出一經濟有效方式，爲努力目標之二。如果能研究出每一作物生長過程中，最適合生長的溫度、濕度、養份、日光強度、二氧化碳濃度等，並加以控制，則適地、適時、適作的限制將可打破，不論何時何地，消費者皆可輕易享受到最優良的產品。有人說：『具有神奇效果的某些植物，其所吸收的並非原先天然的營養分，是否有些成分缺少，而導致效果之降低？』這是一個須多方面研究分析才能下結論的問題。至於養液栽培是否能完全取代土耕，且讓我們拭目以待，靜觀其變吧！

表一　台灣大學山地農場所採用養液配方

| | 肥　料　成　分 | 含　量 |
|---|---|---|
| 1 號肥料 | 硝酸鈣 | 11 % |
| 2 號肥料 | 氮 | 10 % |
| | 磷 | 8 % |
| | 鉀 | 20 % |
| | 鎂 | 5 % |
| | 錳 | 0.1 % |
| | 硼 | 0.1 % |
| 微量元素 | 鐵 | 0.18 % |
| | 銅 | 0.04 % |
| | 鋅 | 0.08 % |
| | 鉬 | 0.04 % |

註：微量元素視葉片生長狀況而直接添加於養液槽中，濃度為二萬倍。

# 動態浮根式葉菜水耕栽培技術

高 德 錚*

## 一、前　言

由於民國73年3月日本筑波萬國博覽會中展示著一株號稱可生長12,000 個番茄之水耕番茄樹，喚起了世人對植物水耕栽培之興趣，再加上近年來國內消費者對無農藥殘毒之精緻蔬菜的迫切需求，因此加速了台中區農業改良場對水耕栽培技術研究的脚步。從民國74年至民國75年12月間，本場已先後開發完成Ⅰ～Ⅲ型之水耕栽培技術，其間Ⅱ型之栽培系統，榮獲台糖埔里副產加工廠率先引用試作0.15公頃，Ⅲ型水耕系統則在75年初經台糖溪湖糖廠之元埔農場採用試作0.12公頃，俟於75年底本場開發完成第Ⅳ型定名爲動態浮根式水耕栽培系統(Dynamic Root Floating system, DRF system)後，一年間各地農民或非農民來場參觀之場次不下數千，國內外來函索取資料之函件亦堆積如山，而採用此型之農戶栽培面積由北至南已有1公頃左右，顯見各界對水耕蔬菜需求之殷切。經本場及農友試作之結果顯示，採用DRF水耕栽培系統，可不懼夏季高溫引起水溫上昇及溶氧下降所導致水耕蔬菜根部活性下降，提早老化，產量降低之弊端。換言之，DRF 水耕栽培技術最宜作爲解決本省夏季因高溫、多濕、颱風、豪雨等，所造成夏季蔬菜供需不平衡之困境。再者，本省位處亞熱帶，夏季氣候炎熱，病蟲害之繁殖頻度遠高於溫帶，農友常以噴灑農藥來防治病蟲害的發生，以滿足消費者對無蟲孔蔬菜之需求；或者利用高冷地栽培來調節產期及供應夏季消費量之不足，但可供栽種之高冷地有限，且運費成本高，至今夏季蔬菜不論於價格、品質、產量均尙未臻需求，而冬季時又因蔬菜產量大增，不但菜價便宜且供過於求。由於DRF水耕系統在夏季液溫高達30℃時，仍可生產溫帶之葉萵苣，而且冬季時可利用溫室保溫特性來生產夏季蔬菜，藉以調節生產量。因之可周年生產小白菜、空心菜、青梗白菜、葉萵苣、莧菜……等十餘種葉菜類蔬菜，以提昇蔬菜之品質及穩定產量與價格。

## 二、何謂DRF水耕系統

所謂「動態浮根式水耕栽培系統」，係基於植物栽種於本系統時其根系在每次營養液之灌排流程中，隨養液之昇降而上下左右波動，且一旦進液灌滿至8公分之水位後，藉由栽培床內之水位自動昇降排液器，使營養液由8公分逐漸降至4公分。因之，上位根部可露於空氣層中而增加根部活性，而無懼夏季高溫所引起溶氧量缺乏之困擾。

## 三、硬 體 設 施

㈠蔬菜種類：

夏季：白菜、空心菜、芥藍菜、莧菜、萵苣、油菜。冬季：尼龍白菜、青梗白菜、芥藍、結球萵苣、茼蒿、菠菜。

---

* 台中區農業改良場

(二)水耕網室：

以 $\frac{1}{2}''$ $\phi$ 鍍鋅鐵管爲骨架，搭構一長16公尺、寬6.8公尺，中心最高工作點爲3.6公尺之高隧道式網溫室。屋頂部覆以0.2mm之PVC透明塑膠布，兩邊長度垂至地面，爲活動式，平時掀起以利通風，下雨時拉下可防雨、防風。溫室四周則以24網目之白色尼龍紗網圍住，以防蟲害。於夏季氣溫過高時，可於屋頂塑膠布上加覆40%黑色遮蔭網以遮蔭。在風害嚴重地區可搭設寬2.05公尺，高1.8公尺之矮架水耕專用溫室。

(三)栽　培　床：

蔬菜型之水耕栽培床爲保麗龍發泡成形之雙凹型槽，標準栽培床規格爲內徑深8公分，長180公分，寬92公分，中央有2公分寬之凸起，將栽培床分隔成兩槽，成⊔⊓⊔，雙槽型。由於蔬菜栽培床爲大型床，中央之凸起具有支持保麗龍面板之功用。每一栽培床用3片長90公分、寬60公分、厚3公分之承板蓋住，每一承板上有等距離排列50個直徑2.5公分之圓形栽培孔。

(四)養　液　槽：

爲4.5噸之黑色PE硬質塑膠桶，地下爲1.0公噸之同質塑膠桶。

(五)空氣混入器：

裝置於栽培床之入水口處，當養液經此流入栽培床時，因其內有2組十字型重疊之塑膠閘門，會產生八條水流沖出，可將外界之空氣由兩小孔吸入混入養液中，約可增加30%之空氣混入，增加養液中之溶氧量，使養液中之溶氧量維持於3～6 ppm 之間。

(六)排　液　器：

固定於栽培床末端，爲一圓形雙層塑膠閘門，外環固定高度爲8公分，基部圓周有三個拱形孔洞以流水，內環由4個套環所組成，其大小分別爲3公分深一個，2公分深二個及1公分深一個，4個套環可自由組合，成0～8公分高，因之，可調節水位高低限爲0～8公分。栽培床上之水位高低則完全視此內環之高低而定。

(七)抽水馬達：

爲1馬力之高速抽水馬達，以1″口徑PVC管連接抽水馬達與栽培床間，並藉由定時器運轉以使養液作定時之循環運作。

(八)定　時　器：

作爲控制抽水馬達定時自動抽水循環運作之時間，操作時從上午10時至下午16時間每小時一次，每次循環十五分鐘，其餘時段2～3小時循環一次，每次十五分鐘。

## 四、營養液配方

各種蔬菜生育過程所需之配方均不同，其標準成份如表一，栽種時依栽培種類別，將基本配方中之巨量元素濃度當作“S”加倍之，微量元素則不變。

表一　台中區農業改良場葉菜類水耕營養液基本配方

| | 營養液名稱 | 用量mg／ℓ |
|---|---|---|
| 巨量元素 | 硝酸鈣（$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$） | 236 |
| | 硝酸鉀（$KNO_3$） | 404 |
| | 硫酸鎂（$MgSO_4 \cdot 7H_2O$） | 123 |
| | 磷酸一銨（$NH_4H_2PO_4$） | 57 |
| 微量元素 | Fe-EDTA | 20 |
| | 硼酸（$H_3BO_3$） | 1.2 |
| | 氯化錳（$MnCl_2 \cdot 4H_2O$） | 0.72 |
| | 硫酸銅（$CuSO_4 \cdot 5H_2O$） | 0.04 |
| | 硫酸鋅（$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$） | 0.09 |
| | 鉬酸鈉（$Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$） | 0.01 |

## 五、栽培操作

進行DRF 水耕栽培技術，首先需將種子播種於中間有十字型切割之海綿塊中，每塊之基本規格為2.5 × 2.5 × 3.0 公分，但市售成品已將 96 小塊海綿互相接連。

㈠播種：

一般葉菜類不需先行催芽、浸種之處理，可直接播種。播種是將種子點播於小海綿中心之十字切割處。依種子之大小而定，大種子播至海綿之1／2深處，小種子僅需1／3深處，每塊海綿播2～3粒種子。冬季蔬菜如菠菜、芹菜、鴨兒芹等種子，播種時要置於10℃之低溫下冷催，以促進發芽。

㈡浸種：

這是水耕栽培之一特別的處理，而發芽狀況的好壞亦受此一處理極大之影響。將播種好之海綿片，以三片為一單位，排置於育苗盤中，由盤緣加水，海綿片會浮起，輕輕均勻地於海綿片全面拍打，促其吸水，使海綿充分濕潤。三片海綿皆濕潤後，育苗盤中留存1／3高度之水量，供其利用。再用黑色塑膠布覆蓋住，以隔日光，保持飽和濕度。放置於陰涼通風處。

㈢育苗：

一般白菜類於1～2天後便會發芽，萵苣類則需3～4天。待其發芽率達八成後，便可將塑膠布掀起，置於日照充足處，接受綠化健苗。當子葉完全展開，本葉開始生長時，即不要用水而以營養液替代之來澆水，營養液所需之濃度如表一之標準配方的½～⅓濃度。澆水時不可直接澆，要將海綿片掀起由底部灌入，否則海綿表面會生青苔。

㈣移植：

當苗生長至本葉2～3片時，可移植至栽培床中栽培，移植時只要將小海綿輕輕剝開就可剝離，再一塊塊植入栽培穴中。移植時，種植小海綿於栽培孔中要注意根部，不要讓根夾於海綿與保麗龍板間，以致根吸不到水而枯死，於種植時，若根多而疏散，可將根沾水，使根系聚集再種下。每一板移植完畢，應掀起來檢查，看根是否被夾住。

(五)病蟲害：

水耕栽培過程會遭受病蟲害侵襲之主要原因，係來自育苗過程種子帶菌，或幼苗時不幸被害蟲侵襲。爲避免病蟲害之感染，最好有一育苗專用網室。育苗前網室全面消毒，則可將病蟲害之發生頻度減至最低。再者，移植後應避免非工作人員經常進出栽培室，否則一旦發生小菜蛾、夜盜蛾、蚜蟲或紅蜘蛛等之危害後，除非廢耕而進行全面消毒外，無法徹底根除之。

(六)消 毒：

水耕栽培並無法絕對防止病蟲害之危害，爲了徹底執行蔬菜栽培期間不噴灑農藥之原則，因之，每一作採收後至下一作移植前、或定期地，網溫室內栽培床架下方及栽培床需全面消毒。栽培床之消毒方法大致上先將營養液排回養液槽中，然後將栽培床上之承板取出清洗，而讓栽培床直接曝曬於大太陽中。栽培床若著生藻類則可用福馬林消毒水泡之則可去除。至於栽培床下，則可噴灑一般殺蟲劑防治之。

(七)養液配製：

依表一之基本配方中成分及表二栽種作物別選定所需之配方後，各組成分化學藥劑可向坊間化工原料行購買，巨量元素應選購食品級或工業級爲宜，微量元素則以分析級最佳，購買時需了解各成品之有效成分（濃度），及不純物之種類和成分量，否則一旦含過量之重金屬時，將危害到消費者之健康。

表二　各種葉菜類蔬菜所需之營養液濃度

| 蔬菜別 | 巨量元素濃度 | EC（mmho） | pH |
|---|---|---|---|
| 白菜、萵苣 | 1.5 S | 1.3 | 6.0 |
| 菠菜、莧菜、油菜、茼蒿、空心菜 | 2.0 S | 1.7 | 6.0 |
| 青梗白菜、芥菜、芥藍菜、結球萵苣 | 2.35 S | 2.0 | 6.0 |

配藥時首先需確定用水之組成分及pH值，若在7.5以上時需添加濃硫酸，使之降至6.0左右，否則部分組成分會沈澱。一般而言，每一噸水欲下降1個pH單位時，需添加95%濃硫酸25～50mℓ，進行養液調配時，各組成分需先充分溶解後，再依次加入養液槽中，不可一起混入。再者，初次調配養液時，由於成分量太多，不易充分混合，因此需分成幾天逐量添加。反之，若pH低於5.0，可添加40%之氫氧化鈉飽和溶液，每昇高1個pH單位，每一噸水需加入50～100mℓ。用水之組成分亦非常重要，不論用自來水或地下水，其水質需事先檢定組成分，確定其不含重金屬元素。

(八)養液管理：

植物生長過程中，根部會分泌些許物質且由營養液中吸收各種成分，因此，營養液組成分之濃度及酸鹼度會逐漸變化，根據本場之研究成果顯示，營養液之濃度及酸鹼度之變化不能超過配方量之10%，否則水耕植物生育會不正常。一般而言，營養液濃度之測量單位爲mmho，即以電導度計（Electric Conductivity meter, EC meter）來度量之，而營養液酸鹼

度之測量單位爲 pH，即以酸鹼度計（pH meter）來度量之，其度量值由pH 1～14，7爲中性、1 爲強酸、14 爲強鹼。實際經營水耕栽培時，每星期至少需測量一次營養液之pH值及EC值，倘若測定值不在原先配方EC或pH之10％上下限時，則需一一調回。以pH 值爲例，過酸時每一噸營養液可添加 40 ％氫氧化鈉飽和溶液 50～100mℓ，調昇1 個 pH單位，若過鹼時可添加95％濃硫酸25～50mℓ，調降1個pH單位。若EC太高時，則可添加清水沖淡之，否則需將養液槽中之營養液排掉重新配藥。若EC 值太低時，則分別加入定量之各營養液組成分。

(九)採收：

依季節不同，生長速度會有快慢詳如表三所示。夏季較快、冬季較慢，小白菜18～25天，葉萵苣 28～35天便可採收。採收時將植株連根拔起即可，其根莖間之小海綿毋須去除，這是水耕蔬菜不可仿冒之標誌。

表三　水耕蔬菜生產特性（100m²，一作）

| 蔬菜種別 | 冬季 | | | | | | 夏季 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 葉數 | 生長日數 | 單穴鮮重（g） | 去根鮮重（g） | 栽培床產量(kg) | 100 m² 之產量（kg） | 葉數 | 生長日數 | 單穴鮮重（g） | 去根鮮重（g） | 栽培床產量(kg) | 100m² 之產量（kg） |
| 小白菜 | 8.0 | 20 | 63.9 | 61.3 | 7.7 | 268.4 | 7.9 | 14 | 70.0 | 68.0 | 8.4 | 294.0 |
| 青梗白菜 | 8.5 | 22 | 84.4 | 78.7 | 10.1 | 354.5 | 7.4 | 23 | 46.4 | 44.3 | 5.6 | 195.0 |
| 尼龍白菜 | 8.5 | 21 | 83.0 | 81.1 | 9.9 | 348.6 | 6.8 | 22 | 65.5 | 62.8 | 7.9 | 275.1 |
| 莧菜 | 15.0 | 28 | 60.6 | 54.5 | 7.3 | 254.5 | 12.2 | 20 | 54.5 | 45.2 | 6.5 | 228.9 |
| 縐葉萵苣 | 8.8 | 22 | 86.6 | 81.1 | 10.4 | 363.7 | 8.9 | 18 | 76.0 | 71.0 | 8.6 | 300.7 |
| 結球萵苣 | 26.3 | 48 | 369.8 | 345.5 | 6.9 | 241.8 | — | — | — | — | — | — |

*每穴栽植株數結球萵苣及夏季青梗白菜爲1 株，餘爲2～3 株，每 100m² 可置 35 個栽培床。

## 六、栽培成效

水耕蔬菜之產量調查，係以第八片葉片完全展開時爲經濟採收期，結球萵苣例外，表三爲單穴調查資料，一栽培床產量及一百平方公尺面積之產量。

由表三可知，水耕蔬菜生長期間較土耕縮短5～7天，尤以夏天更明顯，如此一年可栽植12～20次，且無病蟲害之慮，又不會受到天候不良之限制，且產量平穩。由於葉菜類爲短期性作物，定植至採收之間只隔 20～30 天，且葉菜類葉片鮮嫩肥大，一般露地栽培，蟲害嚴重，不施藥是不可能有好的收成，一旦施藥控制，安全問題十分嚴重。水耕栽培所生產之蔬菜可說完全不需依賴農藥，只要設施結構完整，育苗室、栽培室保持清潔，防範蝶、蛾之飛入，病蟲害無從產生。

# 七、經濟分析

表四爲構築 1000m² DRF 水耕系統之開支細目，其中包括水耕設施及網溫室設施等，以水耕設施爲例，每構築1000m²需具備下列材料：栽培床350個、黑色PE塑膠布700公尺、栽培床架40組、空氣混入器50個、排液器50個、養液槽4個、抽水幫浦8個、定時控制器4組及PVC灌排配管等諸設施，連同施工費，共需新台幣63.37萬元。至於網溫室之設施，若採用省農林廳目前推薦之標準網溫室則每1000m²之造價需新台幣30萬元。因之，總設施費用需新台幣93.37萬元。

表四　DRF水耕系統之構築成本（1000m²）

| 項　　　目 | 數　　　量 | 單價（元） | 金額（千元） |
|---|---|---|---|
| 栽培床（保麗龍製） | 350床 | 350 | 122.5 |
| 黑色PE塑膠布（0.25mm） | 700公尺 | 40 | 28.0 |
| 栽培床架 | 40組 | 4,000 | 160.0 |
| 空氣混入器 | 50個 | 250 | 12.5 |
| 排液器 | 50個 | 550 | 27.5 |
| 養液槽（10噸） | 4個 | 40,000 | 160.0 |
| 抽水幫浦（1／2HP） | 8個 | 2,300 | 18.4 |
| 定時控制器 | 4組 | 1,200 | 4.8 |
| PVC灌排配管 | 4組 | 5,000 | 20.0 |
| 栽培設施施工費 | 4間 | 20,000 | 80.0 |
| 小　　計 | | | 633.7 |
| 網溫室資材 | 4間 | 70,000 | 280.0 |
| 網溫室施工費 | 4間 | 5,000 | 20.0 |
| 小　　計 | | | 300.0 |
| 總　　計 | | | 933.7 |

表五爲以小白菜爲例每1000m²之年收益性，小白菜之每作平均收量爲2,844公斤，每年可採收16次，若以每公斤30元之農民產地價格，則粗收益達1,365,120元。而開支方面，需扣除種子費、育苗用海綿費、養液費、電費、水費、消毒用藥劑費、雇工費、設備折舊費、包裝材料費及包裝過程之蔬菜耗損費等費用，合計達1,046,930元，因之淨所得爲318,190元所得率爲23.3%。關於設備折舊費之估算，仍依塑膠布（網溫室屋頂用及栽培床用）一年更換一次，水耕設施分3年平均分攤及網溫室骨架分5年平均分攤爲準。

表五　小白菜水耕栽培之年收益（$1000m^2$）

| 調　　查　　項　　目 | | 金　　額（元） |
|---|---|---|
| 收入 | 年生產量 | 2,844 公斤／次× 16 次＝ 45,504 公斤 |
| | 單價[1] | 30 元／公斤 |
| | 粗收益 | 1,365,120 元 |
| 開支 | 種子費 | 4,000 元 |
| | 海綿費 | 82,030 元 |
| | 養液費 | 25,600 元 |
| | 電　費 | 48,000 元 |
| | 水　費 | 12,000 元 |
| | 消毒用藥劑費 | 6,000 元 |
| | 雇工（2人） | 10,000 元／月× 12 月× 2 ＝ 240,000 元 |
| | 設備折舊費[2] | 344,300 元 |
| | 包裝材料費 | 150,000 元 |
| | 包裝耗損費 | 135,000 元 |
| | 計 | 1,046,930 元 |
| | 淨所得 | 318,190 元 |
| | 所得率 | 23.30％ |

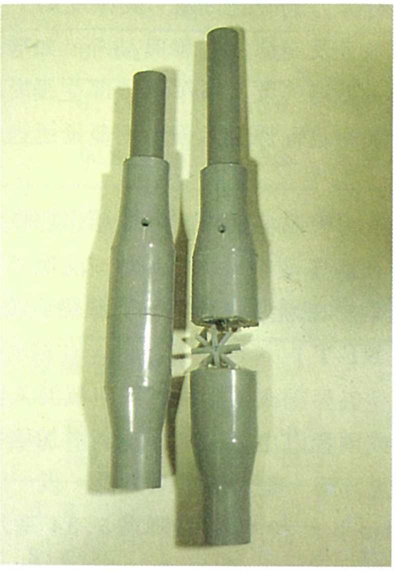
1. 依現行生產精緻蔬菜農民之產地價格。
2. 水耕設施與網溫室設備之折舊基準係依塑膠布一年更換一次，其他水耕設施分 3 年分攤及網溫室骨架依 5 年分攤。

## 八、未來展望

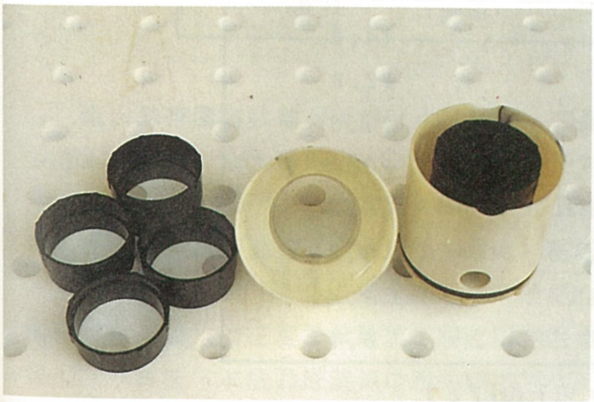
台灣由於地狹人稠土地之利用已臻飽和，農地由於過分利用使地力衰退，須以大量之肥料加注，才能達到所需品質及收穫量，而一般民間又偏好速效之化學肥料，其後果引起土壤酸化等等農業問題，又爲克服天候不良，利用設施栽培來調節產期亦是未來必需之途，於設施內同一塊土地連作多次，又會發生病蟲害及土壤污染問題。水耕栽培的優點正好針對這些缺失作有力之改善。現雖尚有問題正待克服，如成本偏高，技術較細密等，若能再研究出低成本化，技術平易之方法，更能大量推廣，以造福社會。

照片 1. 抗風型矮架水耕專用溫室
（寬度 2.05 公尺、高 1.8 公尺、長度無限）

照片 2. 保利龍製水耕栽培床。
（單位床之規格為 1.03 公尺× 1.80 公尺）



照片 3. 空氣混入器



照片 4. 水位調節器

照片 5. 大規模DRF系統栽培成效

# 浮　根　式　水　耕

許淼淼*．沈再發*

## 一、前　　言

水耕栽培在世界先進國家如日本、英國、荷蘭已達到經濟栽培生產之階段，本省目前仍在研究發展初期，對其在經營上之優缺點應有所了解，其優點爲：㈠可連作，並可避免土壤病蟲害及連作障礙，對某種高經濟價值作物可行周年連作生產。㈡肥效率可高達90％以上，且作物養分吸收均衡，生育迅速而豐收，並可提高品質。㈢管理可行自動化，可節省勞動力，擴大經營面積；栽培過程之播種、定植、除草、收穫等工作可簡化而節省勞力，施肥、灌溉等管理易於自動化，可擴大栽培規模，且可解決農村勞力老化之問題。其缺點爲：㈠投資的設施費用較傳統栽培之設施費用高。㈡栽培管理需具備較新及高深的知識與技術，如培養液管理不當時，其濃度與酸鹼度等變化劇烈而不易修正，易導致栽培失敗。㈢作物根部生長於培養液中，其緩衝能力較土壤爲小，且易受液溫和溶氧之影響，如一旦病原菌入侵，則蔓延迅速，受害嚴重。㈣可供經濟栽培之作物種類有限。

水耕栽培爲作物生育所需之養分，以培養液形態供給作物吸收之栽培方式。依其設施構造大致可分爲兩類，一類爲根漂浮浸在培養液中，強制循環或流動培養液，使溶氧量增加，如迴流式、等量交換式。另一類爲根之上半部在潮溼空氣中，呈海綿墊狀發育，根之下半部在培養液中吸收養分及水分，如養液薄膜法（NFT）、浮根式水耕、岩綿水耕等。上述方法之差異乃在供氧方式的不同，供氧之方式有利用空氣壓縮機強制通氣或空氣混入器通氣、循環式或流動式、液面昇降法及噴霧式等等。採用一種或兩種以上方法，可達到增加培養液中溶氧之目的，但溫度與飽和溶氧量之間有密切關係，液溫愈高時，飽和溶氧量愈低。表一所示液溫爲20°C時，飽和溶氧量爲6.42毫升／公升（9.2 ppm），30°C時則降爲5.34毫升／公升（7.6 ppm）。

表一　液溫與飽和溶氧量之關係

| 溫度（0℃） | 溶氧量 mℓ/ℓ | 溶氧量 ppm |
|---|---|---|
| 1 | 9.96 | 14.2 |
| 5 | 8.96 | 12.8 |
| 10 | 7.91 | 11.3 |
| 15 | 7.11 | 10.2 |
| 20 | 6.42 | 9.2 |
| 25 | 5.86 | 8.4 |
| 30 | 5.34 | 7.6 |
| 35 | 4.83 | 6.7 |

（1 mℓ≒1.4 ppm，1 ppm≒0.7 mℓ/ℓ）

* 台灣省農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所

作物之根對氧氣的消耗量視作物種類不同而異外，亦隨溫度之升高而增加（表二）。以胡瓜爲例，根重一公克每小時在100毫升溶液中，溫度20 °C 時，需消耗 0.18 毫升氧，溫度升爲30 °C 時，則需 0.41 毫升，增加約2.5 倍。同時，耗氧量亦隨作物生育期而有所差異，洋香瓜於液溫23 °C 時，每株每日溶氧消耗量在開花期爲170.2 毫升（吸液量爲600毫升），網狀期增爲 516毫升（吸液量爲990毫升），收穫期減爲 422 毫升（吸液量爲810 毫升），其溶氧消耗量約爲吸液量之一半，而以網狀期消耗量最大（表三）。

表二　數種蔬菜根之氧消耗量與液溫關係

| 蔬菜別 | 15 °C | 20 °C | 25 °C | 30 °C | 35 °C |
|---|---|---|---|---|---|
| 胡瓜 | 0.09 | 0.18 | 0.29 | 0.41 | 0.43 |
| 番茄 | 0.16 | 0.22 | 0.26 | 0.39 | 0.40 |
| 茄子 | 0.08 | 0.14 | 0.22 | 0.29 | 0.34 |
| 甜椒 | 0.12 | 0.19 | 0.26 | 0.38 | 0.42 |
| 草莓 | 0.26 | 0.30 | 0.36 | 0.41 | 0.51 |

註：$O_2$ ml／根重1公克／小時　100 ml水中

表三　水耕洋香瓜根圈之溶氧消耗量與吸液量（山崎 1973）

| 生育階段 | | 根圈溶氧消耗量 | | 吸液量 |
|---|---|---|---|---|
| | | 毫升／每株每時 | 毫升／每株每日 | 毫升／每株每日 |
| 開花期 | 晝 | 8.8 | 170.2 | 600 |
| | 夜 | 5.4 | | |
| 網狀期 | 晝 | 28.0 | 516.0 | 990 |
| | 夜 | 15.0 | | |
| 收穫期 | 晝 | 20.0 | 422.0 | 810 |
| | 夜 | 12.0 | | |

鳳山熱帶園藝試驗分所進行水耕試驗，調查設施內周年溫度變化情形如表四，年液溫平均最高爲26.2 °C，最低爲24.6 °C，其中6 月至9 月之最高平均皆超過30 °C。溫室內溫度（室溫）最高平均爲31.8 °C，最低爲22.8 °C，且其最高平均溫除11～2 月以外，均超過30 °C以上，6～8月間甚至高達37 °C以上。因此，在夏季高液溫狀態下，如使用空氣混入器以增加溶氧，其效果有限。如以降溫方式進行，則所消耗的能源投資太貴，然而在溶氧不足的狀態下，根易褐化腐敗，故本省在夏季栽培須克服此限制因素。基於此，鳳山園試分所致力研究開發出蔬菜之浮根式水耕法，本法乃是濕氣中根的栽培方法，在濕氣中的根其主側根的伸長較短，而形成較多的鬚根及根毛，因在濕氣中生長，氧氣的供應不虞匱乏，是水耕中供氧的最佳方法。浮根式水耕之特點爲：㈠用滲透方式供給養液，不必用馬達耗費電力。㈡不需設置養液槽，以貯放培養液供

循環用。㈢夏季高溫期根部供氧量充足，根系發育好，生育迅速。㈣種子可直播，節省移植步驟

表四　鳳山熱帶園藝試驗分所水耕溫室之液溫、室溫與氣溫之變化（°C）

| 月份 | | 1984 | | | | | 1985 | | | | | | | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 液溫 | 最高 | 31.0 | 30.4 | 28.6 | 25.6 | 20.8 | 18.9 | 20.5 | 22.4 | 25.9 | 29.3 | 29.8 | 31.0 | 26.2 |
| | 最低 | 29.6 | 28.8 | 27.6 | 24.9 | 19.8 | 17.9 | 19.5 | 20.7 | 24.3 | 27.6 | 28.2 | 29.3 | 24.6 |
| 室溫 | 最高 | 33.9 | 34.4 | 31.9 | 26.8 | 22.5 | 22.9 | 30.4 | 31.0 | 33.9 | 37.7 | 36.8 | 38.3 | 31.8 |
| | 最低 | 27.0 | 27.4 | 24.7 | 22.3 | 19.4 | 16.8 | 17.6 | 17.3 | 21.5 | 26.3 | 26.2 | 27.1 | 22.8 |
| 氣溫 | 最高 | 31.5 | 32.4 | 30.9 | 29.5 | 25.2 | 24.4 | 25.9 | 26.3 | 28.5 | 31.7 | 31.1 | 32.2 | 29.1 |
| | 最低 | 24.5 | 23.9 | 22.5 | 20.6 | 17.9 | 13.4 | 16.2 | 15.5 | 21.0 | 23.8 | 24.9 | 24.8 | 20.8 |

## 二、硬體設備

### 一、水耕溫網室：

以高隧道式溫網室為主，其骨架多為¾″ϕ 鍍鋅鐵管，屋頂覆蓋 0.2 mm 之 PVC 透明塑膠布，四周圍以 24 目之白色尼龍紗網，以利通風及防蟲。另有些溫網室以太子樓式搭建，或在兩側加上活動捲軸式塑膠布，平時捲起塑膠布以通風，在下雨及冬季寒流來襲時，將塑膠捲下以防雨及保溫。在夏季高溫期可覆蓋黑色遮光網以遮蔭、降溫。

### 二、水耕栽培床：

可用硬質塑膠板、FRP 板、保利龍板、木板、鍍鋅管等材料做成。如用木板、鍍鋅管或保利龍板製成時，為防止水滲漏，在床內部須舖一層塑膠布（如紅泥塑膠布、黑色 PE 塑膠布等）。栽培床之寬度為30 公分或60～90公分，長度可達20～30公尺，唯需注意栽培床儘可能以1／200 坡度設置。高度 10～20 公分，床高度較高時，所能容納之培養液量較多，對於培養液之補充不必多費神，而葉菜類生長期短，所消耗之養液量不多，較淺的栽培床即可。為便於更換培養液，在栽培床內需設一排水口，同時在進水口可裝置浮球水位開關控制水位，使培養液之補充達到自動化。

### 三、根之浮媒體：

1. 保利龍板與不織布（Spunbonded Polyester）—於栽培床內注入培養液後，以保利龍板 1.0～3.0 公分厚放於培養液上。該保利龍板之寬度為30～45 公分，使其上面所舖設之不織布的滲水量可足夠供根的吸收之用。不織布需要吸水力良好而厚度均勻在0.2～0.5 公分之間，舖設時宜在保利龍板的兩邊及中間處，使不織布垂下培養液中至少 3 公分以上深度，以吸水滲透到保利龍板上。
2. 尼龍布（雨傘布）—以 0.1 毫米厚的尼龍布（190 線／$cm^2$）如雨傘布（不塗油質防水者）覆蓋於不織布上，因此層尼龍布很容易透水而形成潮濕狀態，作物根系於尼龍布上生長既有充足的養分及水分，又有充分的空氣，可形成良好的根群（如圖 1）。

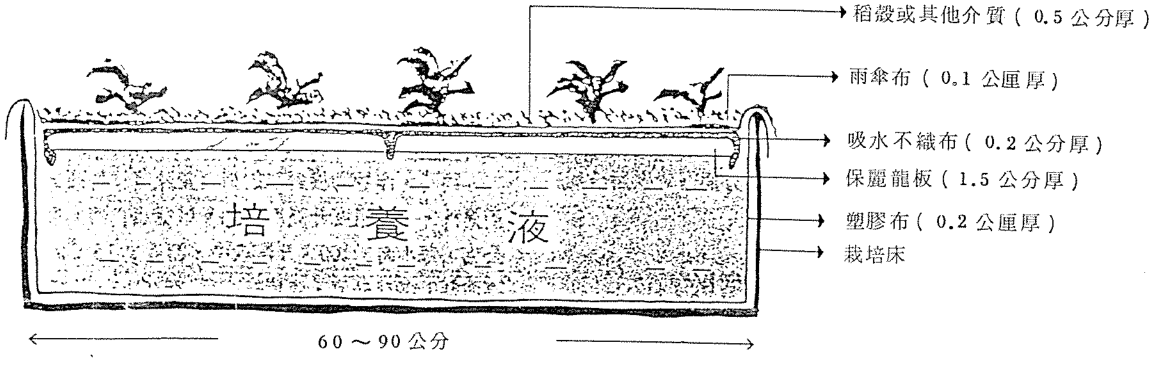



圖 1　浮根式水耕葉菜類栽培床縱剖面圖

四、養液槽：

以鋼骨水泥製或黑色 PE 硬質塑膠桶，其容量視栽培面積而定。若使用肥料抽引泵浦，則不需養液槽，另設置原液桶即可。

五、抽水馬達或肥料抽引泵浦：

利用抽水馬達配以 PVC 管連接抽水馬達與栽培床，並在栽培床內裝置水位控制開關，使培養液自動補充。或利用肥料抽引泵浦，抽取定量的原液（A 液與 B 液），再與水於管內混合均勻，以 PVC 管配送至栽培床。

## 三、栽培管理

一、播種及育苗：

葉菜類不需先行育苗，而是直接播種於濕透的尼龍布上，撒播或點播均可。蕹菜之種子體積較大，須先使種子充分吸水膨大後再播種。洋香瓜則需先經催芽及浸種處理，將種子浸入稀釋 2,000 倍之億力地溶液中 30 分鐘，取出以自來水洗淨，置於發芽皿中，移至恆溫箱內，於 30℃ 恆溫、黑暗下催芽，俟種子胚根伸長 0.5 ～ 1.0 公分時，再夾於浸濕之海綿塊（ 4 × 4 × 4 公分）內，排置於育苗盤中，並由盤緣加入半量培養液，將海綿輕拍，濕潤均勻後，移到育苗室接受日照。育苗所需時間約為 10 ～ 14 天，視季節而異。

二、定質及覆蓋介質：

洋香瓜幼苗生長至二片本葉完全展開時，可定植於栽培床。在播種（葉菜類）或定植（洋香瓜）後，選擇適合之介質來覆蓋，此介質包括蛭石、真珠石、石礫、木屑、稻殼或炭化稻殼、岩綿、人造水苔、椰子殼等等，而介質本身需保持適當之 pH 值，並不會吸收和釋放離子者，以免影響培養液組成，其覆蓋厚度約為 0.5 ～ 1.5 公分左右。在覆蓋後充分澆水，使介質保持濕潤狀態。

三、培養液配製：

培養液之組成與濃度依作物種類、作物生育期、栽培方式及栽培環境條件如光線、溫度等而有所不同，其培養液配方如表五之作物別肥料塩和表六之微量要素。各組成分化學藥品可至當地化工原料行購置，大量元素選擇工業級及食品級，微量元素以分析級試藥最好，並需了解其有效成分（純度）及不純物質之種類與含量。

表五　浮根式水耕培養液配方與成分濃度　（1,000公升）

| 作物別 | 肥料塩類（大量元素）（公克） | | | | | 成分濃度（$m\ell/\ell$） | | | | | 電導度 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 硝酸鉀 | 硝酸鈣 | 硫酸鎂 | 第一磷酸銨 | EDTA鐵 | $NO_3$-N | K | Ca | P | Mg | mS/cm |
| 葉萵苣 | 460 | 300 | 125 | 60 | 20 | 7 | 4.5 | 2.5 | 1.5 | 1 | 1.2～1.5 |
| 蕹菜 | 707 | 355 | 250 | 150 | 20 | 10 | 7 | 3 | 4 | 2 | 1.5～1.7 |
| 芹菜 | 505 | 355 | 250 | 115 | 20 | 8 | 5 | 3 | 3 | 2 | 1.3～1.5 |
| 洋香瓜 | 610 | 830 | 380 | 155 | 20 | 13 | 6 | 7 | 4 | 3 | 2.0 |

表六　微量元素之配方　（10公升）

| 塩類 | 重量（公克） |
|---|---|
| 硼酸 | 300 |
| 硫酸錳 | 200 |
| 硫酸鋅 | 22 |
| 硫酸銅 | 5 |
| 鉬酸鈉 | 2 |
| 硫酸 | 10 $m\ell$ |

※每1,000公升培養液中，加入上述微量元素100 $m\ell$。

將適合於水耕的自來水、地下水、泉水或雨水等（pH 值在中性）依所需成分配製培養液，調配方法以洋香瓜為例，每公噸（1,000公升）水中，加入秤好量之硝酸鉀、硝酸鈣、第一磷酸銨、硫酸鎂和EDTA鐵，分別為610、830、155、380和20公克，另加上配製好的微量元素100 cc.，注意將各單項肥料塩類分別充分溶解後，再逐一加入，不可混合一起加入，並攪拌均勻，最後定量至1公噸。此培養液以電導度計（EC meter）測定時應為2.0m mho（培養液濃度單位），酸鹼度計（pH meter）測定約為pH 6.5。

四、消毒：

在一作或數次採收後至下一作栽培前，須將溫網室全部消毒。栽培床之消毒方法為將培養液排放後，取出尼龍布、不織布及保利龍板洗淨，並以清水冲洗栽培床後，直接曝晒於太陽光下，在廢耕後立即以可濕性硫黃粉600倍全面噴灑（包括栽培床及栽培床架下方和地面），再以清水冲洗一次栽培床，即可定植。

五、病蟲害：

水耕栽培過程中仍會遭受病蟲害侵襲，因此須特別注意溫網室之管理，減少非工作人員不必要之出入。葉菜類與果菜類應分別於不同溫網室中栽培，葉菜類若發現害蟲時，則以手捕捉除去之，避免噴施農藥。洋香瓜則因生育期長達3個月以上，須以藥劑適當防治紅蜘蛛、薊馬、蚜蟲及白粉病、蔓枯病等，而毒素病之發生原因，可能為種子帶毒或媒介昆蟲（如蚜蟲）傳播，一旦發現病株，須立即拔除，並焚燬，以免迅速蔓延，造成鉅大損失。同時為防患未然，應在雨季或颱風過後，對溫網室四周環境徹底消毒。

六、培養液管理：

在栽培過程中，作物的根會自培養液中吸收養分，同時亦會分泌出某些代謝物質，而使培養液之組成及濃度與酸鹼度發生變化，故每星期至少須測定一次培養液之pH值和EC值，若pH值不在5～7之間，或EC值偏離原先濃度太多時，則須加以調整。如pH值太高時，每噸培養液可添加95%濃硫酸8cc.，調低1個pH值；如pH值太低時，則須加入氫氧化鈉6公克，以調升一個pH值。而若EC太高時，則可排掉部分培養液，再添加清水冲淡之；若EC太低時，則加入標準配方之培養液。若pH值與EC值變化太劇烈，無法修正時，則需更換培養液。洋香瓜一作後要更新培養液，葉菜類若培養液EC值及pH值變化不大，可連續使用而不須更新培養液。

作物的根需在無光條件下生長，有光時藻類容易繁殖。藻類會吸取培養液中的養分，同時使培養液之pH值上升，且發生惡臭，夜間又會吸收氧氣，妨礙作物生育，爲防止藻類之繁衍，需將栽培床做到不透光之程度，可用不透明的材料覆蓋於栽培床上。

七、生育管理：

1. 葉菜類如以撒播方式栽培，則需於幼苗長出後進行間拔及疏苗工作，使作物有足夠之生長空間，避免造成徒長。若以點播栽培，遇缺株時則加以補植。
2. 洋香瓜爲蔓性植物，在溫室內以立式栽培，利用栽培床兩側立支柱（或栽培架），以支持植物體，並適時引蔓，使葉片得到充足的日照。同時，以單蔓整枝方式除去所有側芽，於第十節至第十四節間留結果蔓，俟雌花開花後授粉，幼果着生後，留取果型良好者一顆，行單果生產，並在確定受精後，除去頂芽（梢），使葉片光合作用所製造之養分運送到果實，以維持果實品質良好。

八、採收

自播種至採收所需時間，依作物種類及栽培季節而有不同，夏季生育快，冬季生育慢，葉萵苣需30～40天可採收；蕹菜則以連續採收方式，夏季約在播種後14～18日即可開始採收，以後每隔10日可再採收，約可連續採收10次，每分地收穫量約爲2,500公斤。洋香瓜由定植至採收所需時間視品種及栽培季節而異，夏作約爲60～75天，秋冬作及春作則需70～90天，每年可栽培4～5作，每分地產量約爲2,400個果實。

## 四、栽培效益分析

經營1,000 $m^2$（一分地）之浮根式水耕栽培所需之費用概算如表七。其中溫網室設施及水耕設施共需新台幣550,500元，溫網室爲簡易塑膠布室（太子樓式），兩側僅圍以24目白色尼龍紗網，如採用捲軸式塑膠布，則設施成本將會增加。

以蕹菜（空心菜）每1,000 $m^2$ 之栽培經營爲例，每次平均收穫量爲2,500公斤，每年可採收14次，若以每公斤35元之產地價格（每300公克平均售價11元）計算，則粗收益爲1,225,000元，扣除種子費、養液費、稻殼、水費、電費、消毒藥劑費、工資、硬體設備折舊費、包裝材料費、包裝耗損費、運費等合計773,800元，其淨所得爲451,200元，所得率爲36.83%。至於硬體設備折舊費之估算，溫網室骨架以五年平均分攤，屋頂塑膠布和尼龍布、不織布、保利龍板以一年更新一次爲準。

表七　浮根式水耕之成本及收益估算（1,000 $m^2$，蕹菜）

| 項　　目 | 金　額（元） |
|---|---|
| 一、硬體設備 | |
| 簡易塑膠布溫網室（太子樓式） | 284,000 |
| 栽培床材料：床框（鍍鋅管） | 27,000 |
| 紅泥塑膠布 | 104,400 |
| 塑膠夾等 | 24,400 |
| 保利龍板 | 19,200 |
| 不織布 | 31,500 |
| 尼龍布 | 15,000 |
| 抽水馬達 | 5,000 |
| 養液槽 | 40,000 |
| 合　計 | 550,500 |
| 二、消耗性材料及支出 | |
| 種子費 | 2,000 |
| 養液費 | 24,000 |
| 稻　殼 | 4,000 |
| 水　費 | 9,600 |
| 電　費 | 6,000 |
| 消毒用藥劑費 | 6,000 |
| 工資（3人） | 10,000 × 12 月× 3人= 360,000 |
| 硬體設備折舊費[1] | 198,200 |
| 包裝材料費 | 150,000 |
| 包裝損耗費 | 112,000 |
| 運　費 | 60,000 |
| 合　計 | 931,800 |
| 三、收　入 | |
| 蕹菜年收穫量 | 2,500公斤／次 × 14 次= 35,000公斤 |
| 單價（300公克小包裝，單價 9－11元）[2] | 30－35 元／公斤 |
| 粗收益 | 1,050.000 － 1,225,000 |
| 淨所得 | 118,200 － 293,200 |
| 所得率 | 11.26 － 23.93 |

註：1. 硬體設備折舊費估算，溫網室骨架以五年分攤，屋頂塑膠布和尼龍布、不織布、保利龍板一年更新一次。
2. 單價爲生產水耕蔬菜農民之產地價格。

# 五、結　　語

養液栽培在台灣之研究發展僅短短數年，却在各試驗研究場所之努力專研下，開發出適合本省氣候條件之水耕方法，雖然這些方法仍有待改進，但有些農民已率先利用此項農業新技術生產短期性葉菜類。另在農林廳補助下，在本省北部、中部及南部各選擇一處（約一分地）進行浮根式水耕栽培之試作觀察，以評估其實際經濟效益及未來發展潛力。相信在政府農政單位積極倡導及工、商業界之配合下，本省養液栽培之前途是指日可待的。

# 討　　論

鄭貴成（屏東縣）問：

水耕栽培培養液pH過高時易缺鐵應如何補救？

許淼淼（鳳山熱帶園藝試驗分所）答：

補救之法，葉菜類若再幾天即可採收，可直接噴施EDTA-Fe 或硫酸鐵即可補救。缺鐵時植株品質變化很大，炒後容易變黑，且吃起來會有酸酸的感覺。補救後的養液，需用稀的硫酸或塩酸加以調整，使其pH 介於5.5～6.5之間最為理想，或是5～7之間亦可，再不行，只有換養液了。

學員問：

栽培床高度為何？需要很多培養液嗎？

許淼淼（鳳山熱帶園藝試驗分所）答：

一般栽培床10～20公分皆可，端視需要而定。至於養液量的多寡，最好是一作恰好用完，如此較不浪費。然而季節會影響養液的供給量，如秋冬季因蒸發散較少，所需養液就少，另外作物的種類亦會影響，葉面積較大者蒸散較多，葉面積小，蒸散就少。這些都會影響養液需要量的多寡。再者養液愈多，根溫的變化較緩和，不像NFT法易受外界溫度的影響，但因養液多，所需的成本相對提高。綜合以上的利弊做取決，再依個人所需決定液槽的高度。

楊清光（台南縣）問：

養液發生青苔如何處理預防？

許淼淼（鳳山熱帶園藝試驗分所）答：

栽培床如能完全密閉，就可防止青苔的產生，但因現今的栽培方式無法密閉，故只能將浮媒體儘量裁得符合栽培床的寬度，如此即可減少青苔的發生。再者應可用肥料要素來控制。氨態氮素太高容易長青苔，反之硝酸態氮或尿素卻有抑制作用，但有時肥料的更換不僅抑制青苔，甚至連植株亦受其抑制生長不好。所以現在我們將氨態氮保持1個me左右，其餘以硝酸態氮代替，如此可控制青苔不致大量繁殖且又不影響植株的生長。

照片 1.浮根式水耕作物的根生長在濕氣中，形成許多鬚根及根毛，氧氣供應充足。

照片 2.莧菜利用浮根式水耕栽培，生育迅速，品質佳。

照片 3.以浮根式水耕栽培，蕹菜之根群發育良好。

照片 4.洋香瓜之水耕爲立式栽培，以塑膠繩牽引瓜蔓。

照片 5.洋香瓜水耕已可生產糖度15～16度，果重平均1.5公斤之果實。

照片 6.中部地區浮根式水耕試作，蕹菜之栽培情形。

# 養液栽培之肥料與管理

王　銀　波*

## 一、植物生長所必需的肥料要素

高等植物生長所需之肥料成分，亦即是植物營養學上所說的必需元素（Essential element）。到目前為止，為大部份學者所共同承認的計有十六種礦物質元素。其中九種元素在植物體內的含量大於 0.2 %，稱其為大量必需元素（Macro essential element），為碳（C）、氫（H）、氧（O）、氮（N）、磷（P）、鉀（K）、鈣（Ca）、鎂（Mg）、硫（S）。含量在 0.02 %與 0.0002 %之間稱為微量必需元素（Minor essential element），為鐵（Fe）、錳（Mn）、硼（B）、鋅（Zn）、銅（Cu）、鉬（Mo）、氯（Cℓ）等七種。

另有一群元素，如鈉（Na）、矽（Si）、鋁（Aℓ）、鈷（Co）、釩（V），對一般高等植物雖未被證明為必需元素，但對某些特定植物的生育有良好的影響，這一群元素稱為有益元素（Benef-icial element）而與必需元素有所分別。

這些必需元素存在於多數高等植物的濃度及相對於鉬的濃度（因乾物質中，鉬的含量最少為 0.00001 %）列如表一。一般而言，植物之營養狀態亦即指其養分含有率，要素的含量太多或太少均會影響到植物的生長，這種影響可分為兩類，第一類如氮等營養要素，若增加其施用量，最先，植物體中該要素含有率與吸收量同時增加，續而吸收量增加，但要素含有率比較一定，再次則含有率急激增加，產量反而減少。最初階段表示植物為營各種生理機能，因營養要素不足，含有率低，生理機能無法順利進行，故為缺乏之階段。第二階段係生理機能漸趨正常，乾物質產量隨要素吸收量增加而增加，含有率緩慢增加，可認為生理機能近正常之狀態。第三階段為要素量過多，顯示生理機能與乾物質收量無法同增加，反而因受害而減少，此階段為養分過剩的毒害。要素含有率與乾物質收量之關係如圖 1 (A)所示。

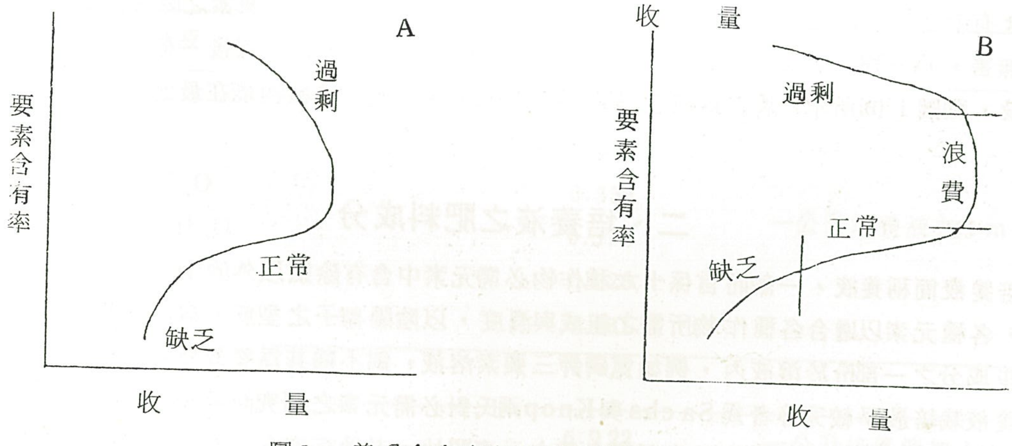



圖 1　養分含有率與收量之關係

* 國立中興大學土壤系

表一　大多數高等植物中必需元素之適宜濃度

| 必需元素 | 符號 | 有效型態 | 原子量 | 乾物質濃度 ppm | % | 與鉬比之相對原子數 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 氫 | H | $H_2O$ | 1.01 | 60,000 | 6 | 60,000,000 |
| 碳 | C | $CO_2$ | 12.01 | 450,000 | 45 | 35,000,000 |
| 氧 | O | $O_2$, $H_2O$ | 16.00 | 450,000 | 45 | 30,000,000 |
| | | 大量元素 Macronutrient | | | | |
| 碳 | N | $NO_3^-$, $NH_4^+$ | 14.01 | 15,000 | 1.5 | 1,000,000 |
| 鉀 | K | $K^+$ | 39.10 | 10,000 | 1.0 | 250,000 |
| 鈣 | Ca | $Ca^{++}$ | 40.08 | 5,000 | 0.5 | 125,000 |
| 鎂 | Mg | $Mg^{++}$ | 24.32 | 2,000 | 0.2 | 80,000 |
| 磷 | P | $H_2PO_4^-$, $HPO_4^=$ | 30.98 | 2,000 | 0.2 | 60,000 |
| 硫 | S | $SO_2^=$ | 32.07 | 1,000 | 0.1 | 30,000 |
| | | 微量元素 Micronutrients | | | | |
| 氯 | Cl | $Cl^-$ | 35.46 | 100 | 0.01 | 3,000 |
| 硼 | B | $BO_3^{\equiv}$, $B_4O_7^-$ | 10.82 | 20 | 0.002 | 2,000 |
| 鐵 | Fe | $Fe^{+++}$, $Fe^{++}$ | 55.85 | 100 | 0.01 | 2,000 |
| 錳 | Mn | $Mn^{++}$ | 54.94 | 50 | 0.005 | 1,000 |
| 鋅 | Zn | $Zn^{++}$ | 65.38 | 20 | 0.002 | 300 |
| 銅 | Cu | $Cu^{++}$, $Cu^+$ | 63.54 | 6 | 0.0006 | 100 |
| 鉬 | Mo | $MoO_4^-$ | 95.95 | 0.1 | 0.00001 | 1 |

另一類如鉀等營養要素，與第一類氮一樣有缺乏與正常二階段，其第三階段並非過剩之毒害，係含有率上昇，但乾物質收量維持一樣，不增加亦不減少，可視為要素之吸收對乾物質生產無利亦無害，為一種浪費吸收之階段。此階段可視為廣義之正常階段，最後一個階段才是過剩毒害的階段，如圖 1 (B)所示，故在養液栽培時應該謹慎注意，使所種植物能在最適宜之營養條件下生長。

## 二、培養液之肥料成分

培養液簡稱養液，一般而言係十六種作物必需元素中含有除氯以外的十五種多量與微量必需元素，各種元素以適合各種作物所需之組成與濃度，以陰陽離子之型態，溶解在溶液內。若僅溶有這些成分之一部份於溶液內，例如氮磷鉀三要素溶液，則不稱其為養液而稱其為液肥。

養液栽培最早較完善者為Sachs與Knop兩氏對必需元素之研究而發現碳、氫、氧、氮、磷、鉀、鈣、鎂、硫、鐵十種作物生長所必需之元素開始。其後有許多培養液為了實驗或實用而設計，如 Shive 培養液，春日井培養液，Snyder培養液，Hoagland培養液，Arnon 培養液等，Hewitt的書列出 160 種不同成份培養液，現在各國使用於養液栽培之培養液介紹如後：

(一)美國常用培養液：

1. Hoagland 與Arnon 修正培養液

| 貯存溶液 | 用量（mℓ/ℓ） |
|---|---|
| 第一種溶液（原爲Hoagland與Snyder培養液） | |
| 1 M $KH_2PO_4$ | 1.0 |
| 1 M $KNO_3$ | 5.0 |
| 1 M $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ | 5.0 |
| 1 M $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ | 2.0 |
| 第二種溶液（原爲Hoagland與Arnon培養液） | |
| 1 M $NH_4H_2PO_4$ | 1.0 |
| 1 M $KNO_3$ | 6.0 |
| 1 M $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ | 4.0 |
| 1 M $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ | 2.0 |

| 微量元素貯存液 | 用量（g/ℓ） | |
|---|---|---|
| $H_3BO_3$ | 2.86 | 一公升培養液加 1 mℓ |
| $MnC\ell_2 \cdot 4H_2O$ | 1.81 | |
| $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ | 0.22 | |
| $CuSo_4 \cdot 5H_2O$ | 0.08 | |
| $H_2MoO_4 \cdot H_2O$ | 0.02 | |

| 鐵 |
|---|
| 第一種溶液 0.5 %檸檬酸銨鐵一公升 加1 mℓ |
| 第二種溶液 0.5 %鉗形鐵，一公升培養液加2 mℓ |

2. Johnson 等氏修正培養液：多量元素用第二種溶液，微量元素修正爲

| 微量元素貯存液 | 用量（g/ℓ） | |
|---|---|---|
| $KC\ell$ | 3.728 | 一公升培養液加1 mℓ |
| $H_3BO_3$ | 1.546 | |
| $MnSO_4 \cdot H_2O$ | 0.338 | |
| $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ | 0.575 | |
| $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ | 0.125 | |
| $H_2MoO_4$ | 0.081 | |
| 鐵 | | |
| Fe -EDTA | 6.922 | 一公升培養液加 1 mℓ |

(二)英國培養液：Cooper 理想培養液

| 必需元素貯存液 | 用量 ( mg/ℓ ) |
|---|---|
| $KH_2PO_4$ | 263 |
| $KNO_3$ | 583 |
| $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ | 1003 |
| $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ | 513 |
| Fe-EDTA | 79 |
| $MnSO_4 \cdot H_2O$ | 6.1 |
| $H_3BO_3$ | 1.7 |
| $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ | 0.39 |
| $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ | 0.37 |
| $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ | 0.44 |

(三)荷蘭培養液

1. Sonneveld 與 Vogt 培養液

| 成分 | K | Ca | Mg | $NH_4$ | $NO_3$ | $H_2PO_4$ | $SO_4$ ( μM/ℓ ) | Fe | Mn | Zn | B | Cu | Mo ( μM/ℓ ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 胡瓜 | 5.5 | 3.5 | 1.0 | 0.5 | 11.75 | 1.25 | 10 | 10 | 10 | 4 | 20 | 0.5 | 0.5 |
| 茄子 | 6.0 | 3.0 | 1.5 | 0.5 | 10.0 | 1.0 | 10 | 10 | 10 | 4 | 20 | 0.5 | 0.5 |

2. Sonneveld and Krey 培養液

| 成分 | 胡瓜 | 番茄 | 甜椒 | 茄子 | 康乃馨 | 玫瑰花 | 非洲菊 | 火鶴花 | 虎頭蘭 | 菊花 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EC mS/cm (25 ℃) | 2.1 | 2.3 | 1.7 | 1.7 | 2.2 | 1.8 | 1.8 | 1.1 | 1.0 | 1.4 |
| $NO_3^-$ mmol/l | 15.7 | 13.5 | 12.25 | 12.0 | 15.0 | 13.0 | 13.0 | 6.5 | 3.8 | 10.5 |
| $H_2PO_4^-$ | 1.50 | 2.0 | 1.25 | 1.5 | 1.75 | 1.75 | 1.5 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| $SO_4^{--}$ | 1.25 | 3.5 | 1.25 | 1.0 | 1.5 | 1.50 | 1.25 | 1.5 | 2.3 | 1.0 |
| $NH_4^+$ | 0.5 | 0.5 | 0.25 | 0.5 | 0.5 | 0.75 | 0.5 | 0.5 | 1.0 | 0.5 |
| $K^+$ | 8.0 | 9.5 | 6.0 | 6.0 | 7.25 | 6.0 | 6.5 | 4.5 | 3.2 | 5.0 |
| $Ca^{++}$ | 4.25 | 4.75 | 3.75 | 3.0 | 4.75 | 4.5 | 4.0 | 1.75 | 1.7 | 3.0 |
| $Mg^{++}$ | 1.375 | 1.5 | 1.125 | 1.5 | 1.25 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.9 | 1.0 |
| Fe μmol/l | 15 | 15 | 10 | 10 | 25 | 25 | 35 | 15 | 8 | 60 |
| Mn | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 | 3 | 20 | 20 |
| Zn | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3.5 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| B | 25 | 25 | 25 | 20 | 25 | 20 | 30 | 20 | 20 | 20 |
| Cu | 0.75 | 0.75 | 0.5 | 0.5 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.5 | 0.4 | 0.5 |
| Mo | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.5 |

## (四)丹麥培養液

1. 推廣處培養液（ppm）

| 必需元素 | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 用量（mg/ℓ） | 190 | 68 | 250 | 140 | 35 | 2.0 | 0.7 | 0.3 |

2. Grodan 社培養液（ppm）

| 必需元素 | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 用量（mg/ℓ） | 150 | 35 | 190 | 150 | 30 | 1.0 | 0.75 | 0.2 |

## (五)日本培養液

1. 園試培養液：（堀修正培養液）

| 必需元素肥料 | 用量（mg/ℓ） |
|---|---|
| $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ | 950 |
| $KNO_3$ | 810 |
| $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ | 500 |
| $NH_4H_2PO_4$ | 155 |
| Fe - EDTA | 15 - 25 |
| $H_3BO_3$ | 3 |
| $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ | 2 |
| $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ | 0.22 |
| $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ | 0.05 |
| $Na_2Mo_7O_{24} \cdot 2H_2O$ 或 $(NH_4)_2Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ | 0.02 |

2. 山崎培養液

| 肥料 | 溶解度 (20 °C)(g/ℓ) | 當量重 (mg/me) | 洋香瓜 ※(×me/ℓ)(mg/ℓ) | 胡瓜 (×me/ℓ)(mg/ℓ) | 番茄 (×me/ℓ)(mg/ℓ) | 草莓 (×me/ℓ)(mg/ℓ) | 甜椒 (×me/ℓ)(mg/ℓ) | 萵苣 (×me/ℓ)(mg/ℓ) | 茄子 (×me/ℓ)(mg/ℓ) | 小菁 (×me/ℓ)(mg/ℓ) | 春菊 (×me/ℓ)(mg/ℓ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ | 1270 | 118 | ×7 826 | ×7 826 | ×3 354 | ×2 236 | ×3 354 | ×2 236 | ×3 354 | ×2 236 | ×4 472 |
| $KNO_3$ | 315 | 101 | ×6 606 | ×6 606 | ×4 404 | ×3 303 | ×6 606 | ×4 404 | ×7 707 | ×5 505 | ×8 808 |
| $NH_4H_2PO_4$ | 368 | 38 | ×4 152 | ×3 114 | ×2 76 | ×1.5 57 | ×2.5 95 | ×1.5 57 | ×3 114 | ×1.5 57 | ×4 152 |
| $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ | 252 | 123 | ×3 369 | ×4 492 | ×2 246 | ×1 123 | ×1.5 185 | ×1 123 | ×2 246 | ×1 123 | ×4 492 |

微量要素：各作物共用　井水時

| 肥料 | 溶解度 (20°C)(g/ℓ) | 分子量 | 含有率 (%) | 適濃度 (mg/ℓ) |
|---|---|---|---|---|
| Fe -EDTA | 421 | 421 | 12.5 | 16 |
| $H_3BO_3$ | 46 | 62 | 18.0 | 1.2 |
| $MnC\ell_2 \cdot 4H_2O$ | 735 | 198 | 27.7 | 0.72 |

井水中含 Zn，Cu，Mo，Cℓ 的必要量

雨水時需另追加

| 肥料 | 溶解度 (20°C)(g/ℓ) | 分子量 | 含有量 (%) | 適濃度 (mg/ℓ) |
|---|---|---|---|---|
| $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ | 366 | 288 | 23.0 | 0.09 |
| $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ | 168 | 250 | 25.5 | 0.04 |
| $(NH_4)_2MoO_4$ | 100 | 196 | 49.0 | 0.01 |
| NaCℓ | 264 | 58 | 61.0 | 1.64 |

㈥中華民國培養液

1. 中興大學（NCHU）培養液

| 必需元素 | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | B | Zn | Cu | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 用量（mg/ℓ） | 40（$NO_3$-N）<br>28（$NH_4$-N） | 10 | 65 | 60 | 24 | 2 | 1 | 0.5 | 0.2 | 0.03 | 0.005 |

2. 台中區農業改良場：（日本山崎春菊、萵苣配方）

| 多量元素 | 用量（mg/ℓ） | |
|---|---|---|
| 硝酸鈣 | 472 | 236 |
| 硝酸鉀 | 808 | 404 |
| 磷酸銨 | 152 | 57 |
| 硫酸鎂 | 492 | 123 |
| 微量元素 | | |
| EDTA 鐵 | 16.0 | |
| 硼　酸 | 1.2 | |
| 氯化錳 | 0.72 | |
| 硫酸鋅 | 0.09 | |
| 硫酸銅 | 0.04 | |
| 鉬酸銨 | 0.06 | |
| 氯化鈉 | 1.64 | |

在許多已發表培養液組成成份中，多量元素之濃度範圍非常寬，根據Hewitt之整理，一般所用濃度爲$NO_3^-$爲 5-15，$NH_4^+$ 0-3，$PO_4^{-3}$ 2-4，$K^+$ 2-8，$Ca^{+2}$ 6-10，$Mg^{+2}$ 1-4，$SO_4^{-2}$ 1-4 meq/ℓ。Jone 根據常用九種培養液組成，整理出含量之情形如表二。

表二　培養液中多量元素之濃度（ppm）

| 元素種類 | | 不足 | 適宜 | 過剩 | 一般濃度之範圍 |
|---|---|---|---|---|---|
| N | $NO_3$ | 0.14-10 | 3.0-70 | 20-200 | 49-210 |
| | $NH_4$ | 0.007-5 | 0.03-25 | 0.4-100 | 0-154 |
| K | 含 $NH_4$ 時 | 0.4-6 | 10-39 | — | 59-390 |
| | 無 $NH_4$ 時 | 0.04-4 | 1.1-5 | — | |
| Ca | | 0.02-22 | 0.24-40 | — | 80-200 |
| Mg | | 0.05-6 | 0.2-9 | — | 24-60 |
| P | | 0.003-4 | 0.007-2.6 | 0.03-4 | 15-192 |
| S | | — | 1.3 | — | 48-224 |

# 三、養液栽培中肥料成分之管理

(一)注意用水及配製培養液的方法：

培養液之配製用水，一般可分自來水、地下水與泉水三種，成份列如表三，泉水非各地均有，難得找到，自來水則需增加成本，故以使用井水者較多。本省井水根據調查，其電導度在45至3450 μ mhos/cm之間，≦500 μ mhos者 30.57％，500～1500 μ mhos之間者 60.86％，＞ 1500 μ mhos 者8.57％，因地點及汲水時間不同有很大變化，使用時不得不慎重，以免電導度過高而影響作物生長。

培養液之配製，若不小心容易使某些肥料成份不溶解或產生沉澱，影響培養液眞正的成份濃度，影響栽培的作物發育，尤其在水體爲鹼性，培養液配方磷與鈣高時尤其應該特別注意。配製時宜把水體調成所需pH附近，並把肥料先行溶解加進培養液攪拌，使其均勻完全溶解。

表三　各種水體之成分（ppm）

| 成份元素 | 地下水 | 泉水 | 自來水 |
|---|---|---|---|
| B | 0.4 | 1 | — |
| Ca | 122 | 175 | 55 |
| Cℓ | 0 | — | 390 |
| Cu | 0.01 | 0.1 | — |
| Fe | 0.2 | 0.5 | 0 |
| Mg | 8 | 192 | 42 |
| Mn | 0 | 0.2 | — |
| N | 12 | 12 | 0.6 |
| K | 1 | 10 | 17 |
| P | 0 | 0.5 | — |
| Na | 24 | 460 | 251 |
| Zn | 0.5 | 0.1 | — |
| F | — | — | 1 |
| S | — | — | 211 |
| Aℓ | — | — | 0 |
| 水體地點 | 英CHALKHILL | 科威德 | 杜買 |

(二)確實把握肥料成分量：

秤肥料時確實把握培養液所寫重量係肥料元素或化學物重量，化學物重量若有列出則注意是分子量或當量。以山崎配方爲例，硝酸鈣分子式爲$Ca(NO_3)_2$，分子量爲164（Ca 40，N14，O16）當量爲82，但實際上硝酸鈣含有四分子結晶水，水的分子式爲$H_2O$，分子量爲18（H 1，O 16），四分子水爲72，故眞正我們所用化學物是含結晶水的$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$分子量應爲164＋72＝236，當量爲118。

若寫的是元素量，則需先行換算成化合物的重量，再秤肥料調和。以中興大學培養液配方爲例，氮素需要68 ppm或mg/ℓ，其中40 mg/ℓ爲$NO_3$-N供應，28 mg/ℓ爲$NH_4$-N供應，

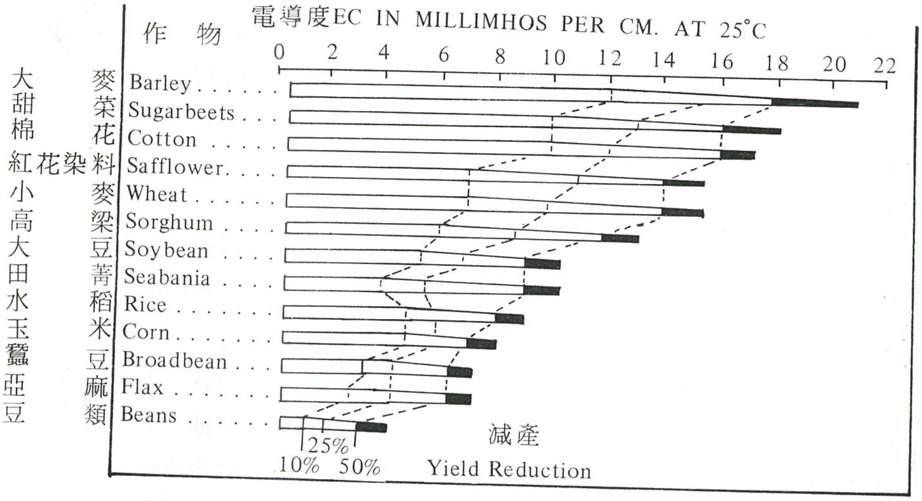
$NO_3$-N之40 mg若以硝酸鈣供應則$\frac{118}{40} \times 40 = 337.14$ mg約337 mg硝酸鈣，這是以當量計算的。若列的是分子量，計算方法為（236/14×2）×40＝337.14mg，一分子內含N二個計算結果是一致的。

最後請別忘記純度，因為成本的關係，我們所用的化學物肥料，不會非常純，這樣價格太高了。一般常用為培養液的化合物通常為食品級或工業級的，因此化合物的純度略低，如上述硝酸鈣純度為90％，換句話說含$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$的量為90％，故用這種化學物當培養液，還要換算成純度為100％的重量以免減少成份，其計算當量重為$118 \times \frac{100}{90} = 131.11$，重量約為131mg/ℓ。

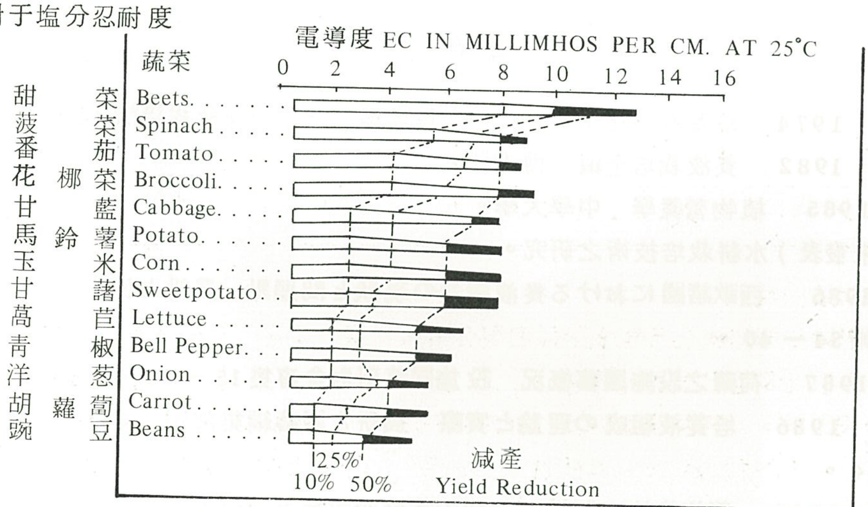
㈢注意作物的種類與種植的時間：

每種作物對塩分的忍耐度不一樣，如圖2所示，因此對塩分的含量反應也不一樣。對塩份忍

1. 作物對于塩分忍耐度




2. 蔬菜對于塩分忍耐度




資料來源：Soil and Plant-Tissue Testing in California. Division of Agricultural Science, University of California. Bulletin 1879.

圖2　土壤飽和液塩分濃度與作物生長

耐度高的作物可種在高塩分培養液，低塩分培養液生長反受影響。但對塩分忍耐度低的作物不適種高塩分培養液，否則會影響生長減產，低塩分培養液才是這種塩分忍耐度低的作物生長旺盛的配方。

一般而言，作物在低溫時忍受塩分能力較佳，高溫時則較差，故栽培時若以冬天的培養液爲標準在夏天栽培作物，則作物有時會有塩分過多的症狀產生並減少產量。因此夏天培養液應較冬天的濃度爲低，才可使作物產量正常。

**㈣補充缺少的肥料成分及水分：**

培養液栽培作物，係以比土壤較高濃度的養分栽培作物。這時作物對養分之吸收係以Epstein氏所說的系統二的方式吸收營養分，這種吸收的特性爲濃縮率小，代謝依賴小，離子選擇性小。由於濃縮率小，水分會比在土壤時多被吸收而肥料成分在培養液中成爲濃縮的狀態，因此不可忘記補充水分，以免培養液過濃影響作物生長。

經過一段時間栽培後，肥料養分被吸收，使培養液之養分濃度下降，因此必需補充缺少的肥料養分，維持作物之正常生長。這時最佳的方法，理論上爲分析每種養分之減少量然後補充之。事實上栽培農戶無法每種肥料成份都去分析。因此只能以代表塩分濃度的電導度去維持，使肥料成分近于一定濃度，由於高濃度培養液養分吸收選擇性比較少，故這種方法勉強可行。這裡要特別提出一點，每次加水分或肥料成分時，別忘記調整培養液的酸鹼度，減少肥料成份的沉澱，並使作物生長維持在較好的條件。

**㈤注意作物之生理障害：**

作物生長，不但種類不同需要養分量不同，生長前後期各階段所需肥料亦不可能相同，因此在培養液栽培時常會發生各種營養異常的生理障害，所以在行養液栽培時要時常注意作物生長有無異常變化，以便隨時補救。

養液栽培較易產生的生理異常障害有下列幾種：①缺鐵症狀（如圖二）。②缺鈣症狀（如圖三）。③缺鎂症狀（如圖四）。④肥料成份過多症狀（如圖五）等四種。若發生這些症狀，應即刻調整培養液補充或減少肥料成分去補救外，有時缺乏症狀時亦可配合葉面施肥補救之。

## 參考文獻


1. 山崎肯哉　1974　培養液の化學性　農耕と園藝編　野菜の養液栽培法 22－26。
2. 山崎肯哉　1982　養液栽培全編　博友社。
3. 王銀波　1985　植物營養學　中興大學。
4. 王銀波（未發表）水耕栽培技術之研究。
5. 伊東正　1986　西歐諸國における養液栽培の現狀と問題點　農耕と園藝編集部編　養液栽培の新技術 34－40。
6. 沈再發　1987　荷蘭之設施園藝概況　設施園藝研討會專集 15－30。
7. 並木隆和　1986　培養液組成の理論と實際　農耕と園藝編集部編　養液栽培の新技術 197－204。
8. 茅野充男　1987　養液栽培における作物の養分吸收特性　農業および園藝 62(1)：91－96。
9. 許東榮、徐玉標、郭錦洛　1985　台灣地區淺層地下水汚染現況調查。
10. 高德錚　1986　水耕栽培－精緻蔬菜生產技術之開發　台中區農推專訊 56：1－8。

11.高德錚　1988　動態浮根式葉菜水耕栽培技術　台中區農推專訊 74：1－7。
12.新井和夫　1987　養液栽培で發生しやすい生理障害　農業および園藝 62(1)：97－100。
13.鈴木芳夫　1986　培養液管理　農耕と園藝編集部編　養液栽培の新技術　25－30。
14. Cooper, A. 1979 The ABC of NFT. Grower Books, London.
15. Hewitt, E.J. 1966 Sand and water culture method used in study of plant nutrition. Technical Communication NO.22 (Revised), Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops, East Mailing Maidstone, Kent, England
16. Jones, J.B.Jr. 1983 A Guide for the hydroponic and soillees culture grower. Timber Press, Portland, Oregon.
17. Resh, H.M. 1985 Hydroponic food production. Woodbridge Press Publishing Company, Santa Barbara, California.

圖 2　番茄缺鐵症狀

圖 4　番茄缺鎂症狀

圖 3　番茄缺鈣症狀表現於果實

圖 5　胡瓜肥料成份過多症狀

# 養液栽培與作物營養診斷

李國權*·林慧玲*

## 前 言

養液栽培如因管理不善，可能發生作物營養失調現象，為了避免損失的擴大，應即時診斷補救。一般營養診斷的方法很多，計有(1)目視診斷。(2)植體分析。(3)簡易速測法。(4)生化診斷。(5)養液供應法。(6)土壤分析等。在實際應用方面，常利用兩種或更多之不同方法，明確證實一種失調症狀。上述各種方法之中，植體分析、生化診斷及土壤分析需要昂貴之設備及相當長時間的人員訓練。目視診斷，快速簡便，但需相當的實際經驗，如能配合簡易速測法或養分供應法，將可成為養分含量診斷之有效工具。

## 一、目視診斷法

植物體內無機養分缺乏或過多時，新陳代謝遭受影響，生長受抑制，葉片黃化或發生壞疽等症狀。缺乏症狀也在莖、根或果實等部分顯見，可以做為診斷之依據。一般缺乏症狀比過多症狀較具特性，經Wallace 等[4] 學者整理後，已成為有效的診斷工具。目前這些作為診斷的圖鑑以溫帶果樹及蔬菜為多，熱帶及亞熱帶果樹則較少。症狀圖鑑可以利用控制養分供應而獲得，最理想的方法是利用水耕或砂耕，進行植株無機養分之缺乏試驗，以誘導各要素缺乏症狀。關於水耕液，許多試驗是採用美國加州大學Hoagland教授的配方及加以修改後之部分水耕液（Partial solution）來進行試驗[2]，如欲誘導微量要素如錳、銅、鋅、硼、氯、鉬等缺乏症狀時，母液（stock solution）需要經過純化步驟以去除微量元素之污染，方能產生正確的症狀。有了標準的症狀，診斷就比較容易。一般植物症狀出現，常有一定的部位及特徵，這與養分在植物體內運輸的性質有關。植物必需的養分除碳、氫、氧由空氣及水供應以外，其餘所需的無機養分如氮(N)、磷(P)、鉀(K)、鈣(Ca)、鎂(Mg)、硫(S)、氯(Cl)、鐵(Fe)、銅(Cu)、錳(Mn)、鋅(Zn)、鉬(Mo)、硼(B)等需由土壤中吸取，上述無機養分前6項因植物需要量較多，稱為多量元素，後7項需要量較少稱為微量元素，根據養分在植物體的移動情形，可將缺乏症狀分為三類：

第一類作物缺乏症狀出現在老葉（下位葉），這是由於這類元素在植物體內非常容易移動，可自老葉轉運到幼葉的緣故。此類元素存在液胞中之量相當多，並非新陳代謝必須物質組成之一部分，鉀就是一例。

第二類作物缺乏症狀出現於上部幼嫩葉片，此由於這類要素在植物體內不易或很少移動，並為與新陳代謝沒有密切關係之有機體之組成物，如果膠或木質素等物質。這類元素如鈣與硼。此外，微量元素如鐵、鋅、銅、錳等，在植物體內也屬於不易移動的要素，症狀也常出現於上部葉及幼嫩枝條。

第三類症狀在新葉與老葉均可發生，一般以老葉較為嚴重，此類情況發生在缺乏與新陳代謝有密切關係之元素，如氮、磷、硫等；當為貯存狀態時可被運送到地上部，當被轉變為細胞組成

*中興大學園藝系

時，則不能轉運。

根據上述要素之運輸特性，再加黃化或壞疽等表徵，可以做成檢索表（表一），以診斷標準化之症狀，但因同樣要素缺乏，在不同種類之植物，症狀可能不同，因此檢索表之用途有限，不如圖片之有效。

表一　礦物元素缺乏症狀檢索表

㈠容易在植體內再移動之要素，其缺乏症表現於下方成熟葉。

1. 下方葉漸次枯死，莖細小，有時帶紫紅色素。

(1)缺氮：氮是屬於移動速度較快的元素，發生缺乏時葉色變黃，葉片小而硬，黃化現象遍及全株，但下位葉有較嚴量之趨勢。

(2)缺硫：植株發生缺硫時與氮缺乏相類似，亦發生黃化現象。

(3)缺磷：磷在植體內之移動性屬中等，故缺磷徵狀亦不集中於新葉或老葉，缺乏時葉片變小，葉色暗綠，分蘗受阻，有時莖、葉呈紫紅色。

2. 下方葉變黃或呈黃斑，但葉脈保持綠色。

(1)缺鎂：缺鎂時徵狀先出現於老葉，葉緣及葉脈間部份黃化，與葉脈周圍之綠色成明顯之對比。

3. 下方葉變黃或成棕色斑點。

(1)缺鉀：鉀元素在植體內容易移動，發生缺乏時，可由老葉轉運至新葉，致使老葉葉緣及尖端變黃而焦枯，並逐漸向內擴展，但新葉可保持正常。

㈡不易在植體內再移動之要素，其缺乏症表現於新葉或局限於莖頂組織。

1. 新葉變形，莖頂枯死。

(1)缺鈣：鈣元素在植體內移動性小，缺鈣時老葉正常，但新葉及新根無法生長，新葉扭曲、葉尖白化，繼之變褐而枯死。

(2)缺硼：硼在植體內較難移動，缺乏時生長點停止生長，新葉變黃，質脆而枯死，葉柄木栓化或出現流膠。根部或莖部中心變黑，蕊葉多皺，果實畸形或出現木栓點及硬化現象。

2. 莖頂組織或頂部生長點並不枯死。

(1)缺鐵：老葉保持正常綠色，新葉黃白化。

(2)缺錳：新葉黃白化，但葉脈周邊殘留之綠色較缺鐵明顯。

(3)缺鋅：新葉細小，頂葉叢生，葉脈間黃化。(6)

另外水耕作物之根部分佈在養液之中，因此，容易用肉眼觀察，Yoshiaki Ishizuka氏等(5)，在利用水耕栽培亞麻，發現氮、磷、鉀、鈣、硫等元素缺乏時，根部呈現不同之型態、顏色、長短，可做爲診斷之參考。

## 二、目視診斷應用上之困難

目視診斷的困難有下列4點：

1. 一種元素缺乏在不同作物有不同的症狀，因此，對於某種作物缺乏症狀之知識對於另外一種作物相同缺乏元素之診斷無所幫助，例如：缺鋅在許多作物引起“小葉”症狀，但缺鋅之玉

米植株則於剛展開之幼葉發生黃化，稱之謂“白芽”。

2.相似或相同之症狀，可能由於不同之元素引起，例如缺氮與缺硫產生類似之黃化。

3.田間作物之元素缺乏雖已達影響作物產量及品質，但其可見症狀可能仍未出現，以致難以辨別診斷，尤其是一年生的作物，因生長時間短，生長快速，當出現症狀之時，補救爲時已晚。

4.單一植株可能同時缺乏二種或更多之元素，致使診斷更爲困難，同時病蟲害及污染所引起之症狀，可能被誤認爲元素缺乏。

因此，目視診斷單獨使用，往往不能做最正確的判斷，如輔以簡易快速測試或養液供應法則診斷之正確程度可以提高。

## 三、簡易速測法

關於簡易快速測試，目前已由西德Merck 公司發展出幾種廣泛應用試紙，可快速估計植體內各元素之濃度，其中以氮與鈣之試紙敏感度及準確性較高，而鉀試紙易受植體內葉綠素之干擾而影響呈色反應，其檢測步驟如下：

1. 折下待測葉片，若葉柄過於乾燥或木質化，需以鋒利刀子進行修剪。
2. 將試紙之感應面朝上，放在堅固的平台上，使葉柄基部與試紙接觸。
3. 以原子筆或鉛筆當做滾棒，將葉柄內之樹液擠壓至試紙上。
4. 若爲測氮用試紙，需等待 2 分鐘後與標準值比較，可得知植體內氮之濃度；若氮濃度過高（> 500 ppm），在未達 2 分鐘前，就呈現標準值最高濃度（500 ppm）之色澤時，可測定到達標準呈色之時間（以秒爲單位），換算爲實際濃度（表二）。

表二　出現標準呈色之時間與濃度換算表

| 時　間（秒） | 硝酸鹽濃度（ppm）（$NO_3$） | 硝酸態氮濃度（ppm）（$NO_3-N$） |
|---|---|---|
| 7.5 | 9000 | 2000 |
| 9 | 7000 | 1600 |
| 15 | 4000 | 900 |
| 20 | 3000 | 680 |
| 30 | 2000 | 450 |
| 40 | 1400 | 320 |
| 60 | 900 | 200 |
| 90 | 600 | 140 |

5. 每個田間試區至少需逢機取樣十株，取其平均值。
6. 取樣時間亦可影響濃度，一般氮含量在晴天下午最低，採樣時間以上午十點至十二點爲宜。

各種蔬菜不同生長期之臨界濃度尚未完全建立，表三爲非豆科蔬菜中葉柄氮之一般濃度，可供參考，並說明測試樣品以早期採樣爲宜。

表三　不同時期非豆科植物氮含量之變化

| $NO_3$ ppm | | $NO_3$－N ppm | 到達500ppm $NO_3$呈色之秒數 |
|---|---|---|---|
| 成株生長前期 | 4000 | 900 | 15 |
| 成株生長中期 | 3000 | 700 | 20 |
| 成株生長後期 | 200 | 50 | 0 |
| 成株生長末期 | 0 | 0 | 0 |

註：帶根瘤之豆科植物，樹液中如不含硝酸鹽，也能生長良好。

7. 養分之臨界濃度並非一常數，且隨生長期之變化而異，因此測試時需注意作物之生長期，方能做合理的比較。
8. 鈣之測定部位與氮不同，因鈣難由老葉轉運至新葉，因此檢測部位需採幼葉葉柄，此部位一旦發生缺乏，則表示植株已有鈣含量不足之現象。
9. 其他鐵、錳、鋅等元素測定部位也以新葉葉柄較具代表性。磷、鉀等移動性較佳之元素則以測定成熟葉葉柄爲宜。田間樹液速測診斷，其準確性雖不若一般實驗室之葉片成分分析，但其檢定方法快速而簡易，只需稍加訓練，並配合外觀目視診斷之經驗，將可迅速修正施肥方法，及時補救，以減少損失。

   如果您有簡單之工具如低倍光學顯微鏡，可將植物組織切片，經化學藥劑染色後，觀察組織內有無元素之結晶或特殊色澤出現，以估計植物體內要素之多寡。

## 四、養液供應診斷法

經過上述各種方法之鑑定，如發現作物之症狀，係由某一元素之缺乏，則可以葉面施肥或水耕液添加含有該項元素之物質，使之復原，此一方法可以進一步證明診斷之正確性。茲引用國外水耕栽植之番茄及胡瓜養分缺乏之補救方法（如表四）以供參考。

## 五、結　　語

養液栽培若管理不當，常易發生營養障礙，正確而快速的診斷爲栽培管理上成功的要訣之一。因此，建立各項要素診斷標準爲當今養液栽培之重要課題，而其中以目視診斷，簡易速測及養液供應等方法，相互配合，在田間應用上較具實用性。營養診斷方法之建立，對本省養液栽培產業之發展，將有許多的幫助。

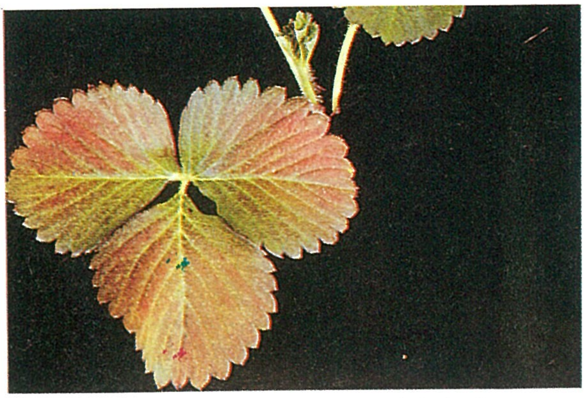
表四　番茄及胡瓜養分缺乏補救方法

| 營養障礙 \ 補救方法 | 缺　氮 | 缺　磷 | 缺　鉀 | 缺　鈣 | 缺　鎂 | 缺　硫 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 葉面施肥 | 尿　素<br>(0.25～0.5%) | —— | 硫酸鉀<br>(2%) | 硝酸鈣<br>(0.75～1.0%)<br>氯化鈣<br>(0.4%) | 硫酸鎂<br>(2%) | —— |
| 添加於水耕液 | 硝酸鈣<br>硝酸鉀 | 磷酸一鉀 | 硫酸鉀<br>氯化鉀 | 硝酸鈣<br>氯化鈣 | 硫酸鎂 | 任何一種硫酸鹽均可，以硫酸鉀較佳 |
| 備　　註 | | | (需注意水耕液中有無氯化鈉存在) | | | 缺硫症狀很少發生 |

| 營養障礙 \ 補救方法 | 缺　鐵 | 缺　錳 | 缺　鋅 | 缺　銅 | 缺　硼 | 缺　鉬 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 葉面施肥 | Fe-EDTA<br>(0.02～0.05%)<br>每3～4天噴一次 | 硫酸錳<br>0.1%大量噴施<br>1%小量噴施 | 硫酸鋅<br>(0.1～0.5%) | 硫酸銅<br>(0.1～0.2%)<br>可與0.5%石灰混合施用 | 硼　砂<br>(0.1～0.25%) | 鉬酸銨<br>鉬酸鈉<br>(0.07～0.1%) |
| 添加於水耕液 | 鐵之嵌合物 | 硫酸錳 | 硫酸鋅 | 硫酸銅 | 硼　砂 | 鉬酸銨<br>鉬酸鈉 |

## 參考文獻


1. Scaife, A. and M. Turner. 1984. Diagnosis of mineral disorders in plant. Volume 2. Vegetable. Chemical Publishing, New York.
2. Hoagland, D.R. and D. J. Arnon. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station. Circular 347.
3. Resh, H.M. 1983. Hydroponic food production. Woodbridge Publishing Co., Santa Barbar, Calif.
4. Wallace, T. 1964. The diagnosis of mineral deficiency in plants by visual symptoms. Her Majestys stationary office, Landon.
5. Yoshiaki Ishizaka. 1978. Nutrient deficiencies of crops. Food and Fertilizer Technology Center (FFTC book series No. 1).
6. 山崎傳　1966.　微量要素と多量要素　博友社　日本　東京



照片 1. 草莓缺氮：葉片出現紫紅色素。

照片 2. 草莓缺氮：果實萼片，亦有紫紅色素。

照片 3. 胡瓜缺氮：葉片均勻黃化，生長不良。

照片 4. 木瓜缺磷：根部呈粉紅色。

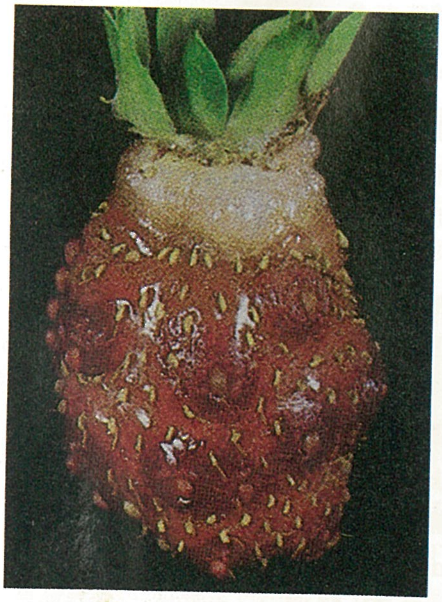
照片 5. 番茄缺鉀：葉緣焦枯，
左：正常葉片，中及右：缺鉀葉片。

照片 6. 草莓缺鈣：新葉葉尖發生頂燒現象，
葉部扭曲變形。

照片 7. 番茄缺鈣：果實頂部凹陷、褐化，稱爲頂腐病。

照片 8. 木瓜缺鐵：新葉黃白化。

照片 9. 柑桔缺鋅，
右：對照之正常葉片
左：缺鋅葉片，脈間黃化——黃化症
葉面積減小——小葉症



照片10. 草莓缺硼：果實凹凸不平（受粉不良之故），果實與萼片連接處突起，呈白色。

照片11. 花椰菜缺鉬：葉肉細胞未能發育完全，僅留中肋，葉片變形呈鞭狀。

# 園藝作物容器栽培介質特性與利用

許　圳　塗 *

## 一、容器栽培

植物生長要素光線、空氣、空間及介質等，後者為提供根群生長分佈之空間及供給養水份、氧氣及機械支持作用三角色。假如立地因素合理調配，根群分佈並不需要很大的介質容積。因此苗木生長或某些作物之栽培可將之囿限於容器內，或稱之容器生產（container production）。容器生產比田間生產（field production）的好處，以種苗培育而言可列之如下：1.縮減立地容積，提高單位面積育成苗木數量。2.易於控制介質物化特性，加速苗木生長，縮短育苗時限。3.控制介質內眞菌、細菌、線蟲、雜草生物圈，消毒簡易可行，或塡加有利土壤微生物，確保生產健康高品質種苗。4.容器內分佈根群，能自然形成根團（root ball），移植不致傷根，生根勢恢復快，成活率高，同時可打破移植季節限制。5.因容器格式化，便於執行設施園藝及自動化之推展，如培養土調配、裝塡、播種及傳運等過程可一貫作業，節省勞力及有助運銷。6.配合消費習性改變，容器栽培成為市場之需求。

容器生產兩大資材即容器及介質，由於塑膠及聚合物的開發及生長因素的掌握，使容器的變革快速演變，脫離傳統之模式。從構型上容器可分之蜂巢式連盆（cell-pak）、塊盆（block, cubes）、管盆（tubing）、框箱（flat）及苗木桶（nursery can）等。管盆有圓型或方型管，或利用保利龍製作連盆與塊盆之綜合體，其要點為縮小口徑（2 - 12 cm），增加深度（6 - 35 cm），各管內壁設有4條以上之突起肋線，主要提供木本苗木培育利用。另為將容器與介質合為一體，如岩綿（rockwool）塊盆，Jiffy-7，即以介質兼當容器，或由塊盆機將混合介質塑造為方塊，此等塊盆主要供草本性或育苗期短者使用。有機盆（organic pot）者，容器採用可分解性資材或纖維物塑造而成，根易穿透，定植時苗盆一起種植。

## 二、介質種類

除了塊盆以容器兼當介質功能，一般容器生產，介質選擇與製備成為重要操作。介質可將之分為兩大類 1.有機介質：泥炭土、水苔、樹皮碎片、鋸屑、稻殼、碳化稻殼或花生殼、豆粕類、蛇木、腐熟葉、堆肥、廐肥。2.無機介質：水、砂、土壤、污泥、石礫、蛭石、眞珠石、浮石、岩綿、燒製土粒及合成纖維等。

有機介質除泥炭土、水苔及蛇木屑可直接利用，其他皆需經半腐化處理或半碳化處理。泥炭土質輕，空隙率可達95％，保水性強，含N量1％，P及K低，pH常在3左右，使用前需加調整，其乾燥時親水性差，宜充分吸濕後才使用。省產泥炭土幾無纖維質，呈近半碳化，pH低，介質使用賴從高緯度國家進口。樹皮介質：利用林產副產品，壓碎成$1/8$－$1/32$英吋片粒，其排水及通氣良好，離子交換能力強，但樹皮或鋸屑之碳氮比C／N高，大約150左右，理想值C/N為20，同時樹脂或其他成分具毒性，因此使用前需先經塡加肥料堆積腐熟處理，助使降低C/N比，及毒性成分之分解。無機介質中如砂0.05至0.5 mm粒子，空隙率35％左右，排水及通氣性良好，穩定作用強。但養水份保持力弱，比重大（100 ℓb/ft$^3$），如框箱栽培超過法規重量，河砂污染土生病菌，使用前需消毒。蛭石介質其特色為質量輕（6 - 10磅／立方呎），不及

*台灣大學園藝系

砂的 $^1/_{10}$，吸水性強（3－5加侖／立方呎），離子交換能力強，乾淨無菌，但吸濕後不能擠壓，易變形，質量輕但大苗木支持作用不足，製作之雲母岩原礦賴進口，成本較高。

有機介質化學性質比無機介質爲佳，但變異性較大。設施栽培漸採用加工介質之趨向，物理性穩定，不具營養作用，如岩綿及化學纖維等，但宜注意廢棄安置問題，或改進再生利用。

## 三、混合培養土

每一介質各有其特定物化特性，容器栽培培養土很少採用單一介質，或直接採用土壤，土壤本身組成粒子微小如粉粒及粘粒，可塑性大，上盆後易因失水而收縮成硬盤與缽壁脫離，澆水沖擊粉粒上浮成不透層，造成不利根群生長。爲取長補短，一般培養土常以2至3種介質混合調配之，即所謂容器介質（potting mix）。若混合培養土，不帶土壤者稱之無土介質（soilless mix）。單以水當介質者稱之水耕栽培（hydroponics），水介質溶氧量不足，通氣操作爲重要項目。

掌握根群生長之因子，實際上介質並不需要很大體積，介質選擇或調配，主要爲利用其物理特性，如容積率（bulk density），即單位體積之緊密度、空隙率（porosity），通氣孔隙率（aeration porosity）及保水孔隙率（＝空隙率－通氣孔隙率）。另爲穩定性，不易變形，可重複使用。此等特性會因混合而改變，適當混合調配可直接測定之或栽植試驗決定之。化學性質如養份、pH值及鹽鹼度，則由人爲來調配控制之。

理想混合介質配方，依苗木種類，生長需求及介質來源而定，當然考慮就地取材，或經濟成本爲原則。若具有特定物化特性，無機物或有機物皆可嘗試開發使用。進口之泥炭土價格較貴，但若用於蜂巢式育苗，用量省，可換算單苗所負擔之介質成本，決定其選擇利用可行性。混合介質最早爲J.I.C.（1939）配方，其調配爲採用壤土：泥炭土：粗砂，分別以2：1：1組合之。加州大學推廣多種UC mix，提供不同育苗目的使用，如細砂＋泥炭土，砂＋鋸屑，表土＋腐熟葉，各以等量或3：1比例混合。後者爲我國所慣用，但腐熟葉來源或供量受限制。康乃爾配方或稱peat-lite混合介質，peat-lite mix A 爲泥炭土：蛭石＝1：1混合，peat-lite mix B 爲泥炭土：眞珠石＝1：1。用於草木育苗，支持力較弱。較大型苗木培育，採用半分解樹皮亦甚爲盛行，其與砂或其他介質混合利用。較輕混合介質，固定或支持力不足時，可在表面覆一層1～2公分的粗砂，可改善之。介質調配時需將所需肥料同時混拌之，除參考推薦營養配方外，可因苗木需求塡加緩釋性肥料。在調配混合介質亦需注意pH值之調節及塩鹼度測定，當長期生長時同樣要注意介質之化學變化，適時加以矯正之。

## 討　論

鄭貴成（屏東縣）問：

空氣修剪根部有何特殊意義?

許圳塗（台灣大學園藝系）答：

根群在人工介質與溶液中很快會長到基部，若根群生長快速旺盛，還是很容易纏繞在一起，且長至基部。根的本性向外再向下，向下若接觸到空氣，因根尖對空氣很敏感，故其本身會壞死，進而促進再長側根，使其側根很發達，且其所採用的介質爲良好的介質，不像其他方法會傷及根系，如此可使根群相當發達，種植後，存活率良好，且生長勢馬上可恢復，有如沒有移植一般。

# 養液栽培之病害防治

林正忠*．沈再發*

## 一、前　　言

設施園藝爲近年來，本省農業追求農産品生産精緻化，而由荷蘭及日本引進的栽培新觀念。但是由於本省的氣候迥然不同於上二溫帶國家，故本省的農業研究人員，努力突破氣候條件的限制，開發新技術或新作物，而以水耕栽培爲首要的研究方向，所栽培的作物多爲短期作物如蔬菜或瓜果類，蔬菜有萵苣、空心菜、結球白菜等，瓜果則有洋香瓜及西瓜等，在此一養液栽培過程中也發現多種病害問題，與露地栽培或田間栽培所發生的病害稍有不同，現將養液栽培所發生的病害及其傳播或傳染途徑討論如下。

## 二、養液栽培之病害傳染途徑

### (一)種子或種苗傳播之病害

經由種子傳播的病害主要有三種：

(1)眞菌性病害

許多蔬菜種子在成熟過程中被眞菌侵入感染，而成爲主要的種子傳播病害，而另有一些種子是在採收時，由於污染種子或種皮而將病害傳入養液栽培內，如胡瓜、洋香瓜的蔓割病與番茄的萎凋病。

(2)細菌性病害

番茄的細菌性斑點病、潰瘍病、及瓜類的細菌性斑點病，皆可經由種子進入養液中，污染栽培床，而引致病害大發生。

(3)病毒性病害

許多病毒，皆可經由種子傳播或因污染種子而傳播，如瓜類的綠斑嵌紋病毒，洋香瓜壞疽斑點病毒及番茄的番茄嵌紋病毒等，皆經種子進入設施內，再因人爲操作如修剪而散播病害。此外經由無性繁殖的種苗，如草莓利用無性繁殖，將原本在母株上的病害帶入床苗內，如眞菌性的輪斑病或線蟲。

### (二)藉由空氣或設施內地表污染而傳播之病害

許多眞菌或細菌性的病害，常藉空氣或表土污染而進入養液中導致病害發生，如洋香瓜的白粉病，番茄的白粉病，皆是由空氣携帶病菌孢子，隨風飄入栽培床，並危害植物，此外洋香瓜的蔓枯病，番茄的晚疫病，或藉設施內地表的污染，塵土飛揚而飄至植物表面爲害植物，此外胡瓜綠斑嵌紋病毒及甜瓜壞疽斑點病毒亦可經由土壤污染而傳播。

### (三)藉由水污染而傳播之病害

養液栽培的水源主要來源爲地下水，偶用自來水，而地下水乃是抽取地層中所含的水，如果地下水遭受病菌污染，則抽用的水源也會帶病菌至養液中，水中易發生的病害爲腐疫病，由於病菌可由根部侵入，引起作物枯萎或生長衰弱，或由於水源要經過一段輸送過程而暴露於外界，水

---

*鳳山熱帶園藝試驗分所

過程因受污染，會導致病菌進入養液中，藉養液的輸送而至植物根部危害作物，如番茄的猝倒病、青枯病、或結球白菜軟腐病等。

㈣藉由工具而傳播之病害

一般而言，藉工具傳播的病害，主要爲毒素病，如番茄的嵌紋病毒，或瓜類的綠斑嵌紋病毒，甜瓜壞疽斑點病毒等，常因栽培過程時修剪或摘果而藉工具如剪刀或人手而傳播毒素病，另外細菌性的病害如瓜類的細菌性斑點病，在整理瓜蔓時，亦藉工具傳播。

㈤藉由誤入設施內昆蟲而傳播之病害

能進入設施內的昆蟲皆屬小型或有翅型的昆蟲，以粉蝨、蚜蟲或薊馬爲主，這些昆蟲皆可傳播各種毒素病，如西瓜嵌紋病毒，可藉有翅型蚜蟲的進入網室，在其上吸食汁液而把原在口針中的病毒傳至作物上，導致發生毒素病，而同時因媒介昆蟲的繁殖，導致眞菌性病菌亦隨之而來，如黑煤病菌藉機附著在果實或葉片表面等。

㈥藉由前期作物所污染養液床而傳播之病害

前期作物如受細菌危害所造成的軟腐病菌，可殘存養液床中，待後期移入苗時，即可危害新苗，眞菌類如蔓枯病菌藉土壤殘存而待後期作物生育時，再度危害作物，腐疫病菌於前期作物發病後，可污染養液槽而再度爲害後期作物。

## 三、養液栽培的病害發生現況

由以上的說明，可以知道養液栽培過程中會發生許多的病害，現將本省在養液栽培的作物，發生的主要病害說明如表一。

表一　養液栽培所發生的病害種類

| | |
|---|---|
| 結球白菜： | 黑腐病（細菌性） |
| | 軟腐病（細菌性） |
| | 嵌紋病（病毒性） |
| 草　　莓： | 輪點病（眞菌性） |
| 西　　瓜： | 白粉病（眞菌性） |
| | 嵌紋病（病毒性） |
| 洋 香 瓜： | 白粉病（眞菌性） |
| | 蔓枯病（眞菌性） |
| | 蔓割病（眞菌性） |
| | 毒素病（病毒性） |

除上述病害外，另有多種綠藻，因與作物競爭養液中的營養成分亦可視爲病害之一。由於綠藻吸收養液的成分，導致養液呈現元素的不平衡，缺乏無機元素如鎂等，導致葉片易老化轉黃。

## 四、養液栽培的病害防治

由於養液栽培過程仍有許多病害發生，故仍須加以防治，惟在養液栽培外圍皆有覆蓋物，或爲玻璃或爲塑膠布，故內部溫度會偏高，易造成藥斑或藥害，防治時應加以留意。

在防治過程中，首先要有三原則：即排除病害，避開病害及利用抗病。現分別詳述如下：

㈠排除病害原則

1. 種子消毒、種苗消毒爲基本排除病害原則，因養液栽培的特性，即是養液在槽中流動，使病菌的傳播速率增快，惟有事前預防，將病害隔絕於養液栽培之外，方能減少病害的損失。種子消毒可利用乾熱殺菌，如70～73℃，3～4天處理，即可除去種子傳播之部分病毒；或利用溫湯浸種53～55°C，20～30分鐘處理，亦可消毒污染種子之眞菌或病毒；或利用次氯酸10～100倍，60分鐘浸種，皆是消毒種子的有效方法。

2. 養液槽及工具消毒

利用75％酒精或福馬林50～100倍來消毒養液槽或修剪用具如小刀、剪刀等工具，以防止污染病毒或病菌附著於養液槽危及後期作物。

3. 養液與設施空間及地表之消毒

以燻蒸劑或殺蟲劑消滅進入設施內之昆蟲與地表微生物等或以殺菌劑添加入營養液中，以抑制某些水生菌類的繁殖，如腐疫病菌等。地表之污染亦可利用殺菌劑消毒，減少或滅絕病菌殘存附著于設施內之地面。

㈡避開病害原則

養液栽培原要避開連作障害及連作後產生的土壤病害問題，例如輪作不同種類的作物，可減少前期作物所遺下病原菌的繼續危害，或利用細網避開有翅型昆蟲接近作物，防止毒素病感染。

㈢利用抗病原則

養液栽培之瓜類如西瓜，可利用扁蒲爲砧木，而抗蔓割病，早已在露地栽培使用頻繁，在養液栽培中利用作物的抗病特性也極重要，如白菜軟腐病，可因養液栽培而大面積發生，如用抗病品種，可免除此一病害威脅。

## 五、結　　論

養液栽培是提高農產品品質的途徑之一，也就是精緻農業，由於養液栽培生產的環境及方式迥異於已往所知道的耕作方式，因此在栽培過程中會出現許多的瓶頸，病害問題即是其中之一，如果了解病害在養液栽培中傳播的方式，能夠事前預防病菌進入栽培環境或養液中，則病害的防治可以事半功倍，由於養液栽培的特性爲養液具流動性，如果養液內有病原菌，則病害蔓延將較露地栽培爲迅速，故病害的正確判斷，以供施藥防治益顯其重要性，故管理上愈須具有高度的栽培知識，方能了解受病害感染或生理因子等危害，病害防治成功與否，對養液栽培影響重大。

## 參考文獻

1. 林正忠　1987　設施園藝之病害問題及其防治　p 169～172　設施園藝研討會專集。
2. 岸國平　1974　病害蟲と對策　p 32　野菜の養液栽培。
3. 青野信男　1974　病害蟲防治の實際と改善點　p 76～79　野菜の養液栽培。
4. 田中寛　1982　施設野菜の病害對策　タキイ種苗（株）宣傳發展部發行。
5. 植物ウイルマ研究所學友會　1984　野菜のウイルマ病發生生態と診斷防除　日本養賢堂發行。

# 討　論

施辰東（台南市）問：

結球白菜種子消毒的方法爲何？

林正忠（鳳山熱帶園藝試驗分所）答：

台東區農業改良場黃檍昌先生曾做種子熱水處理或熱的硫酸銅處理，對於細菌性病害有相當好的防治效果，若要這方面的資料，可與黃檍昌先生直接聯絡。

照片 1.洋香瓜葉部病害：(1)白粉病

照片 2.洋香瓜葉部病害：(2)露菌病

照片 3.洋香瓜莖部病害：(1)蔓枯病

照片 4. 洋香瓜莖部病害(2)蔓割病

照片 5. 番茄白粉病

照片 6. 結球白菜軟腐病

# 設施園藝—養液栽培之害蟲簡介

溫 宏 治 *

## 前 言

養液栽培又稱水耕栽培，其栽種作物期間，一年可多作，產量高品質良，可行連作，自動化設施加上可擴大面積，可解決目前本省人力不足，病蟲少，可減輕農藥使用量，克服殘毒問題，故欲提高國民生活品質，養液栽培在現階段是値得推廣。在養液栽培作物過程中，由於在設施隔離下，害蟲種類較一般田間少，主要以小型害蟲爲主，如葉蟎、薊馬、粉蝨、蚜蟲、潛蠅、黃條葉蚤及介殼蟲類，但在人爲疏忽下，中型害蟲也可能乘虛而入，如小菜蛾、夜盜蟲等一旦侵入往往反受到設施的保護，有利的環境、氣象因子，發生更猖獗。

僅就本分所養液栽培葉菜類如莧菜、芥菜、茼蒿、萵苣、蕹菜及洋香瓜之養液栽培過程中常發生之害蟲作簡單介紹，供爲防治參考。

### 一、小菜蛾（Plutella xylostelle Linne）

又名吊絲蟲，爲本省十字花科蔬菜主要害蟲，多年來不僅給菜農帶來防治困難，也讓農業研究人員傷透了腦筋，小菜蛾一旦侵入網室內，不但立足快且嚴重爲害，其因有：

1. 抗藥性強，促其更頑劣。
2. 網室內適溫乾旱無雨，助其繁殖迅速，一年可發生21代。
3. 在設施隔離下無天敵控制，自然發生猖獗。
4. 無其他大型害蟲競爭取食，增加其生存空間、食物等。

本蟲在南部1～3月發生多，成蟲產卵於葉上，卵孵化後，幼蟲主要食害心芽及葉背，在葉片上下穿孔取食爲害，幼蟲性活潑，受驚動時有吐絲下垂，逃脫之行動，老熟幼蟲一般化蛹於葉背，成蟲羽化後一般於附近飛躍。防治方法：

1. 加強各種隔離設施完全不讓害蟲侵入。
2. 早期發現害蟲侵入，以蘇力菌水懸粉1,500倍噴灑防治，嚴重時繼續噴藥外，可懸掛小菜蛾性費洛蒙來誘殺雄蟲。
3. 加強研究釋放小繭蜂之可行性。

### 二、夜盜蟲(斜紋夜蛾)（Spodoptera litura（Fab））

又名行軍蟲，烏肚蟲，屬中型蛾類，每年6～9月發生最盛，夜間溫室燈光容易誘其成蟲由空隙進入，成蟲產卵於葉背或葉面，成塊狀，每一卵塊約100～400粒，上覆蓋有黃色母蛾尾毛。幼蟲體色隨環境而變，一般呈灰色略帶淡綠色，老熟幼蟲體淡褐色，環節上有圓形黑紋。幼蟲雜食性，初孵化時群聚嚙食葉背表皮葉肉，3～4齡後常吐絲分散，且食量大增，被害葉常現缺刻、大孔，第5齡幼蟲抗藥性強且有晝伏夜出之習性，爲防治較困難原因，防治方法：

1. 避免溫室有破損而讓成蟲飛入之機會。

*鳳山熱帶園藝試驗分所

2. 發現卵塊立即摘取、消滅。
3. 初期發生時立即以多毒殺蟲液水懸粉 1,000倍噴射防治，必要時可配合「斜紋夜蛾性費洛蒙」誘殺雄蟲。

三、棉蚜( *Aphis gossypii* Glover )

爲瓜類害蟲又名龜神，本蟲主要藉有翅型蚜蟲侵入溫室，其寄主種類繁多，食性廣，每年以3～4月及10～11月乾燥月份發生最多，棉蚜一般聚集在瓜類之嫩梢基部或葉背取食，刺吸作物組織汁液，致使葉捲縮、萎凋、變形、畸形。棉蚜會分泌蜜露滴沾於葉面或果實上，誘引空氣中之黑煤菌來寄生，而成黑煤狀，不但阻礙光合作用，而且污染果實，降低品質。防治方法：

1. 網室（溫室）口設立二道紗門，預防有翅成蟲隨人進入。
2. 初期發現摘取葉片，移出室外燒燬。
3. 發生嚴重時儘量採用低毒性農藥如二氯松乳劑，乃力松乳劑或馬拉松乳劑來防治，並注意安全採收期。
4. 研究由歐洲引入寄生蜂之可行性。

備註：其他蚜蟲有桃蚜（*Myzus persicae* Sulzer）可爲害一般水耕葉菜類，僞菜蚜（*Hyadaphis erysimi* (Daris)）爲害十字花科蔬菜外，也善寄生於胡蘿蔔、茼蒿及芹菜，其防治法同棉蚜。

四、南黃薊馬（*Thrips palmi* Karny）

爲瓜類害蟲，本蟲體型細小，極易過網而入溫室繁殖爲害。一年四季都有發生，以乾旱季節發生較多，於5～6月及11～12月間密度最高。受急雨及低溫其密度可大減，一旦侵入溫室繁殖迅速，該蟲主要潛入心梢或葉背爲害，致使瓜株心梢枯萎褐化，葉片黃化枯萎。防治方法：

1. 清除溫室內外雜草。
2. 發生嚴重時參照植保手冊推廣藥劑來防治，但高溫時濃度宜降低。
3. 瓜果採收後溫室內徹底消毒殺蟲，以免殘蛹存在。
4. 加強研究溫室釋放捕植蟎之可行性。

備註：葱薊馬（*Thrips tabaci* Lindeman）爲葱、蒜害蟲，爲他日溫室潛力害蟲。

五、葉蟎類（Mites）

本省南部網室中栽種瓜類經常出現的葉蟎爲二點葉蟎（*Tetranychus urticae* Koch）及神澤葉蟎（*T. kanzawaikishida*）二種。其生活習性相似，均於植物葉片下吸收養分，致使葉部呈灰色微小斑點，棲群密度高時，可使葉片葉綠素盡失而致葉片枯萎脫落，由於溫室內終年不受下雨影響，葉蟎極易發生猖獗。防治方法：

1. 試噴田間常用之殺蟎劑，濃度宜降低。
2. 建議由農試所供應捕植蟎作生物防治。

備註：網室內種植木瓜易遭木瓜紅葉蟎（*T. cannabarinus* Boisdwral）爲害。

六、粉蝨類（Aleyrodidae）

在國外粉蝨爲溫室內嚴重害蟲，由於溫室內通風不良，促其繁殖迅速。成蟲極似微小型白色

蛾類，產卵於葉面，若蟲孵化後，爬行至葉脈緣，然後揷其口吻於寄主之組織內取食，脫皮後外形如介殼蟲，固定不動。本蟲除於葉背刺吸食外，並分泌蜜露誘發煤病阻碍葉片光合作用，有的粉蝨會傳播毒素病，不容忽視。防治方法：

1.改善溫室內通風設備或修剪，減少受害。
2.必要時以低毒性農藥防治即可。
3.研究寄生蜂防治之可行性。

七、葉潛蠅(Liriomyza bryonciae (Kaltenbach))

本蟲發生於春天較多，由於栽植瓜類之生長初期，常遭葉潛蠅之危害，致影響植株之發育。本蟲之成蟲似小型家蠅，容易隨人進入溫室內，晝間活動，以產卵管刺破幼葉葉片表皮，將卵產入肉內，成蟲喜食腐爛物質，卵孵化後，幼蟲在葉肉裡食入，葉片呈曲線白色食痕，故俗稱之繪圖蟲，嚴重時可導致葉片枯萎，幼蟲老熟後即於葉背或根部化蛹。防治方法：

1.發生不多時可將被害葉摘除燒燬。
2.瓜果採收後應徹底將溫室消毒滅蟲，以免成蟲殘存。
3.發生嚴重時，採用低毒蔬菜可用之農藥如二氯松粉劑爲宜。

八、茶細蟎(Polyphagotarsonemus latus Banks)

溫室內種植辣椒或甜椒等作物，極易發生茶細蟎，該蟎體微小，肉眼難見，主要爲害枝蔓頂芽及新葉，使新芽、幼葉萎縮變形，生長停止，受害狀易被誤爲罹萎縮病。此蟎周年可見，但以晚春陰爽氣候發生較多，夏日溫度劇升則減少。防治方法：如紅葉蟎。

九、粉介殼蟲(Mealybugs)

於本省南部溫室內栽植果樹如番石榴、香蕉、百香果等常遭柑桔粉介殼蟲爲害，該蟲俗稱白龜神，係其蟲體被覆白粉狀分泌物，一年發生約10餘代，成蟲及稚蟲常常密集於枝葉，葉腋及果實等部位刺吸取食。排泄物並能誘發煤病，招來螞蟻，使植株發育不良，影響品質。防治方法：

1.果苗入室前先行消毒滅蟲處理。
2.將被害葉摘除燒燬。
3.防治螞蟻。
4.採田間捕食性瓢蟲釋放。

備註：粉介殼蟲可爲害瓜類之莖部，一旦侵入溫室可嚴重發生。

十、黃條葉蚤(Phyllotreta striolata Fabricius)

俗稱跳龜仔，一年發生6～7世代，以白菜、蘿蔔、芥菜受害最烈。成蟲爲一種微小之甲蟲，體黑色有光，各翅鞘上有黃白色彎曲之縱粗條紋一條，後腿節粗大、跳躍如蚤，故名「黃條葉蚤」。成蟲在菜葉上嚙食葉片，成無數小孔。雌成蟲產卵於根或附近菜莖上，幼蟲孵化後食害根莖之表皮。幼苗期被害，每致枯死。防治方法：

1.加強設施、網室緊密避免成蟲躍入爲害。
2.發生時選用輕毒農藥（美文松、賽文）防治。

# 結　論

近年來蔬菜農藥殘毒問題引起社會各界之重視，爲了保護消費者健康，政府極力加強農藥安全採收期之宣導，並加強清潔蔬菜之試驗研究。其中利用養液栽培正是培育清潔蔬菜的有效途徑，爲了達到養液栽培所生產的蔬果清潔、無毒，設施園藝之設計、隔離、防護必須相當嚴密，讓田間之害蟲無隙可入，即使害蟲侵入，初期採用物理防治爲宜，非不得已藥劑也僅能選用無毒性或低毒性低濃度農藥來防治，但應確實遵照安全採收期之規定，以防止殘毒與藥害問題發生，待作物採收後溫室宜作全面性之消毒及殺蟲處理，以免殘蟲爲害下梯次作物。另外爲因應未來養液栽培園藝之普及，生物防治方法如天敵、費洛蒙之引進、利用均須加強研究，並吸收國外防治經驗借供國人之防治參考。

照片 1.小菜蛾之幼蟲

照片 2.夜盜蟲爲害

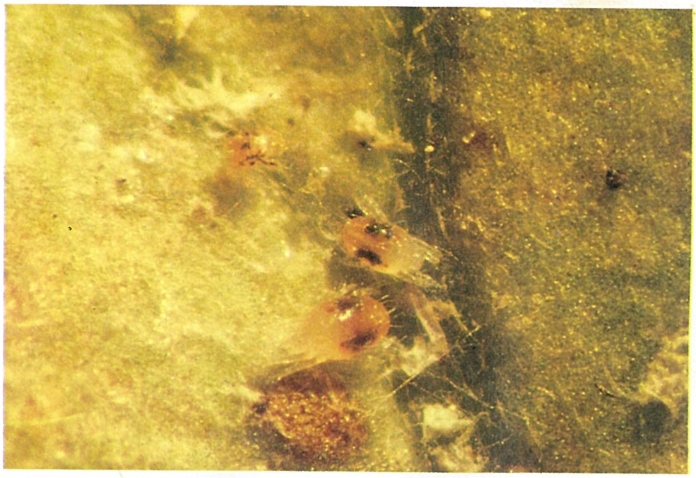
照片 3. 桃蚜

照片4.有翅棉蚜

照片5. 食蚜虻捕食蚜蟲

照片6.南黃薊馬

照片7. 粉蝨



照片8. 二點葉蟎

照片9. 潛蠅爲害情形

照片10.黃條葉蚤爲害狀

# 綜　合　討　論

[illegible]生（農林廳）：

沈分所長、林主任、高博士、各位女士、各位先生，三天來的養液栽培技術講習及觀摩，我[illegible]非常有意義。農業問題要如何在技術上改進，是我們未來努力的方向，因此有關養液栽培的工作，不但列爲國家級的試驗，各改良場所也一直在這方面努力，今天參加的學員，對這方面都有研究，且興趣很濃厚，可說是實際工作的人員。我們參加技術觀摩講習會的目的，是要交換意見，更重要是大家提出來的意見，將來在農業機關要怎樣研究、怎樣加強，政府單位如何輔導這[illegible]，所以這次的講習會我們非常感謝鳳山熱帶園藝試驗分所主辦這項工作。農委會、農林廳站在輔導的地位，技術方面是由台中區農業改良場和鳳山熱帶園藝試驗分所負責。下面，我們進行討論的部份。

鄭貴成（屛東縣）問：

水耕栽培是一種多費腦筋少費體力的工作，與以前的農業經營方式大不相同。希望農業單位能夠將我們常遇到的問題編印成册，用比較淺顯的文字表達出來，讓一般農民能接受。像pH值就是酸鹼度，而酸鹼度高，就是鹼性比較強，可能會缺少某些元素，而缺少某些元素的時候，作物生長會較困難，諸如此類問題，若能編印成册，以後從事水耕栽培比較方便。

柳台生（農林廳）答：

剛才鄭先生所提的，有關技術的推廣能夠用淺顯的文字印出來，我們會朝著這個目標來做。

高文宏（台北市）問：

這次參觀看到很多器材，可是不知道到那裡買，也不知道那家公司比較可靠，可否請有關單位說明。

高德錚（台中區農業改良場）答：

這套水耕技術還沒有推廣，在沒有推廣以前，只是試驗性質，還不具商業性質，所以資材問題尙言之過早。

柳台生（農林廳）答：

關於這一點，確如高博士所講還言之過早。沒有試驗場所推薦，我們也不敢推薦。不妨你們將林主任、高博士、沈所長的電話號碼記下來，私下請教，做爲參考。

陳春明（台南市）問：

三年前推廣網室精緻蔬菜，而鳳山分所所做的水耕蔬菜，到今天已接近成熟階段，但科技再怎麽發達，農業設施再怎麽好，如不能解決產銷問題，還是等於零。是不是利用這個機會把農民整合起來組成一個組織才有利潤。

柳台生（農林廳）答：

陳先生的問題很複雜。農民生產，希望農林廳幫忙推銷，事實上，任何問題都要自己來做。

現在雞農要成立生產合作社，並沒有規定菜農不能成立生產合作社，所以現在農業問題怎樣解呢？應該是：政府協助農民，而農民本身要組織農民生產團體、農會或合作社，也就是說要站出來，誰都要向前走一步，才能成功；若都不動，整個團體都有問題。此外供需之協調要問題。

王合江（台北縣）問：

大家在從事生產的時候，都想賺錢，得到最大的利潤，因此把自己所學到的一點來。然而一人留一點，我們的農業便無法迅速進步、突破，所以是不是先要求農民自訊的交換。另外現在要走精緻農業，經費如何取得？沒有組織、沒有共同運銷都是有問題，希望在座的各位學員能互相研究、互相砥礪，先從我們自己做起，不要一昧的要指導我們、補助我們，不如我們自立、互相聯繫，分為北中南區各個縣，再要求老家、農林廳給我們補助，給我們輔導。

沈再發（鳳山熱帶園藝試驗分所）答：

王先生所提非常確實。把各試驗場所機關所做的結果，馬上提供給各位，這是我們的，在這一次講習、觀摩會後，將每一個專家所提、所寫的印出來給大家，以後的試驗報告，我們都會給大家，這是我們公家機關可以提供的，因為我們的對象是農民。在組織方面，昨天在上幾位學員提到，希望能有一個組織，大家相互交換資料或把資料傳得更快，如果能夠成立，象還是我們農民。

葉連桂（台南縣）問：

有三個問題。第一個問題，肥料怎麼配？剛才台肥公司簡報講過，因牽涉到商業機密，告訴大家。如果專業的水耕蔬菜要用的肥料，台肥公司有生產，可否由農林廳與台肥公司行文台肥公司，直接大量配銷給農民。第二個問題就是成品銷售價格的合理訂定，應如何資本者，降低售價做惡性的競爭造成傾銷的問題？第三個問題據悉溪湖糖廠替農民代銷土耕蔬菜，使用台糖公司的商標，並須通過農藥安全檢定，此乃關係台糖公司的聲譽。水耕蔬菜如循此例，由台糖公司代銷，亦是值得參考。

柳台生（農林廳）答：

由台肥公司供應肥料，而不轉賣，請貴公司談談其可行性。

翟鴻祥（台肥公司）答：

到目前為止還在試驗階段，像台糖公司埔里副產品加工廠向公司訂貨，公司會賣，另外，某單位需要特殊的配方，我們也可以配，但必須大量，才合乎我們的經濟原則。剛剛葉先生提到將來水耕何去何從，以我們公司的立場，很希望能提供給各位品質安定並保證成分的水耕栽培液，現在也正朝著這方面進行。目前開發出來的水耕栽培液，分為A液、B液兩種，A液含有多量元素，B液就是微量元素，若兩者混在一起會產生沈澱，所以將其分開包裝。目前有三種容量，一種是 100 cc.，另一種是 700cc.，另一種是 20 公升。第一次購買我們的水耕栽培盒附 100 cc.的水耕液，現在是促銷期間，700 cc.也免費，下次增購，一瓶售價60 元，若是20公升裝是420 元。

[illegible]人購買 20 公升裝再分裝，貼自己的商標再賣，如此會打垮我們公司的利潤。原則上，我們[illegible]各位業者訂長期供應合約，但業者要保證不分裝且應將栽培面積及期作列出，預估養液需[illegible]公司或許可以成本價供應給各位。各位的成功就是我們的成功，我們也希望各位能用最低[illegible]最好的肥料。爲避免大量購買，再分裝出售，公司會考慮將水耕液染色，但作物吸收色素[illegible]能導致某些不良影響，因此尙未添加染色劑。至於如何購買，有兩個方法，一是向服務所[illegible]務所是我們的經銷單位。二是直接寫信和我們聯繫。研究中心本身不是營利單位，不[illegible]我們是將發展出來的配方交給南港廠生產，未來價格是否下降，視各位的申請量決定[illegible]言，生產一噸或十噸成本差不多。我們希望降低各位的生產成本，也希望農業能正常[illegible]的產品須經商品檢驗局內銷檢驗合格，這是我們的正字標記，若有任何成分不合，可[illegible]。

[illegible]

[illegible]林廳）答：

[illegible]請書如何塡寫，向何處申請等事項，請告知鳳山分所，請鳳山分所轉知各位學員依格[illegible]以免個別交涉，徒增困擾。

[illegible]

[illegible]鴻祥（台肥公司研究中心）答:

好的。沈所長可否給我們一份各位學員的通訊錄，我們可以與他們聯繫。

[illegible]發（鳳山熱帶園藝試驗分所）答：

會後將編印專刊，包括學員通訊錄。另外補充，若栽培面積較大，消耗培養液量很多，20[illegible]售價兩百元，業者仍無法接受。

[illegible]（台肥公司研究中心）答：

[illegible]前我們公司發展出的最大培養液槽車，以噸計，可以直接送到各位府上，而計價是另外一[illegible]方式，直接按契約用量供給，依每月使用噸數及運輸方法計算，價格較低。更希望能生產更濃[illegible]的肥料，以節省運輸費用。很遺憾的是我們不了解有多少客戶，需要多少噸的量，這些資料非常缺乏。目前最大的客戶就是台糖公司仍訂購桶裝肥料，還沒有發展到用專門槽車。

王合江（台北縣）問：

剛才談的肥料價格問題及運輸問題，各位學員所需要的水耕液是否向當地農會或向某個單位來訂購，總合計量訂購，再至此單位取回，如此比較經濟，方便，希望有一個機構如農試單位或農會能負責統一訂購。

柳台生（農林廳）答：

各位可以少量試作，眞正要作經濟栽培，還是要先小面積栽培試驗才行，否則此一配方任何作物均可栽種，而每種均不太合適，會影響產量。要達到某個程度後，再討論數量的問題。

陳春明（台南市）問：

再談傾銷問題，水耕蔬菜已有人栽培三分地，二百五十公克包裝售價十元，不知是否合算？

建議農委會及農林廳指定幾個專家來研究水耕蔬菜的成本與設施，以及土耕蔬菜的成本，來穩定價格。

柳台生（農林廳）答：

有關試驗研究與資材的開發，在李金龍博士主持之下，已經在進行中，而且也要編印手冊，亦已列入國家級計劃。水耕栽培還在試驗階段，尚未達到推廣階段。

陳春明（台南市）問：

尚未推廣，但現在確實有人在做，且已產生事實上的競爭，農民生產所要的是利潤，政府機關投資再大的研究經費，推廣給農民時產生相互競爭，那所花費的精神就等於零。所以柳科長談到農業生產銷售是要講道義，我強調現在尚未推廣的技術是不是先由專家估算成本，如得知某個生產者虧本做惡性競爭，可由政府機關做適當的處理。

高德錚（台中區農業改良場）答：

陳先生的問題是水耕蔬菜的價錢比土耕精緻蔬菜還便宜，而超級市場售價一樣，如此水耕蔬菜將來會侵害到土耕蔬菜業者應有的利潤。現在有一個計劃在評估設施園藝的成本，這點與大家有一個共識。

葉先生談到台糖公司代銷問題，這發生在台中區農業改良場轄區彰化縣永靖崙子蔬菜專業區。當初輔導其生產土耕的精緻蔬菜，開始是小小的一公頃，銷路一好，許多農民競相栽培，產量太多就發生滯銷情形。農民不可能直接銷到超級市場，所以台糖公司就加入。台糖公司溪湖糖廠本身即生產清潔蔬菜，各位參觀的面積約五分地，但生產的蔬菜不夠，所以就與崙子專業區取得協議，並不是農民與台糖公司私下協議，而是透過農林廳、彰化縣政府、永靖鄉農會及農民代表大家共同協定。其做法是有一陳姓農民做班長，周圍約6.3公頃分成兩部分，每天生產的蔬菜大約有三千包，每包250公克至300公克，大約一千五百包至二千包由台糖公司收購，其餘由農民自己的組織載送到超級市場，計價方式爲夏天蔬菜較貴，一包大約九元至十元，冬天蔬菜一包是五元至六元，到了超級市場售價可能就變成十五元了。這中間的利潤並非農民獲得，而是菜販與超級市場，如要以政府的立場與在座長官的影響力去壓低超級市場的價格，那是行不通的，所以如何將品質提高、生產成本降低才是最重要的。像永靖鄉農民所生產的蔬菜銷到超級市場，消費者寧可排隊也要買他的，新莊、板橋亦同。故除了技術層面需要克服外，如何使生產成本下降亦須努力。搭建溫室一分地有需四十萬元，有的需十五萬元，甚至需要一百萬元，在台灣並不需要昂貴的溫室，只要能防蟲、擋雨即可。蔬菜是很便宜的農產品，不值得用昂貴的設施，能夠生產達到我們的目的就好。根據台中區農業改良場這兩年水耕試驗結果初步計算，水耕蔬菜成本一公斤三十元就可以賣了，若分裝成四包，每包約二百五十公克，因此成本大約七元至八元，賣十元當然夠，如果賣四十元更賺錢，這是個人計價問題，而非傾銷問題。

李金龍（行政院農業委員會）：

我對大家抱著很大的期望，因爲從台灣的經濟發展，還有農作物的生產以及科技開發的情形看，以後園藝栽培會逐漸將重心轉移至高科技，亦即利用設備及較新的技術來生產，這將成爲一個主流。「養液栽培技術講習與觀摩會」事實上是我們的試驗計劃，也是我們發展方向的工作之一，這個會是去年「設施園藝研討會」的延伸，當時幾位業者建議不要上百人的研討會，希望能夠

針對業者及實際需要這種技術的人，將技術轉移過去，所以今天這個會議，首先要感謝鳳山分所幾位負責的人，還有農林廳及高博士，更高興台肥公司能提供這個場地。我想跟各位談幾點比較重要的觀念，請各位務必能了解，這樣我們這個事業，就比較有希望。第一，我一再跟柳科長強調說：「我們還沒有推廣設施園藝」，現在各位有興趣要種，是因爲你們的興趣，投資意願很高。所謂「推廣」，必須我們認爲這個技術很純熟，再推薦給大家，且在推薦的同時也代表我們的義務和責任。很多事情，我們要能解決後才做，目前還沒有達到這個階段。我主持一個國家級計劃一發展設施園藝，在座的很多人都參與這個計劃，我們每年投入了兩、三千萬元在技術的開發，主要是着眼於這些技術是從歐洲、日本及美國那些環境發展出來，它的氣候條件和台灣不一樣，以它的條件及技術，台灣是不是可以無條件的引用，大有疑問，所以我們希望能發展本土化的設施栽培技術，簡單的說，將來開發的技術，要讓大家能賺錢，所以再次強調我們還沒有推廣設施園藝。可是因爲各位需要，以及事業發展的現況，在試驗研究和技術研究開發上，我們要加緊請各有關單位辦理，然後配合各位的需要。第二，我有信心，將來大家會成功！因爲你們很關心這個事業，所謂自助而後人助，凡事自己要先開始，如果只想依靠別人，會很慘。最近處理幾個案子，如果農陳情及香菇農陳情，一天到晚在立法院處理這些事情，農民是很無助，但是他們希望政府拿出很多錢來補助，這是很難達到的。只要求別人幫助的，註定要失敗；我想諸位今天不是抱著這種心情來的，你們有心要從事這個工作，看好這個事業有前瞻性，所以想想自己能做什麼？將該做的事情都列出來，你能做到打鈎，不能做的、或做不到的，請技術單位幫忙，請農林廳協助，必要時台肥公司及農委會都很願意協助，但是絕對不是列出一張清單要他人幫你完成，等有關單位幫你做，我相信全世界沒有這種事，且永遠不會發生，這個觀念必須要建立一種共識。所以剛剛提到傾銷，那是很重的指責，事實上誰願意做虧本生意？所以我們應自問：「他們爲什麼能夠以這麼低的價格賣出去，而我們就不行，難道是我們生產成本太高呢？或是我們的成本不高，而是我們的利潤比較高呢？」這一點大家要有一個共識，與其責怪別人，不如反省自己，如此，我們這個事業就會有潛力。至於資金的取得，我想農業的有關行庫如土地銀行、合作金庫、農民銀行等，現在資金都非常充裕，還有有關的青年貸款，如果各位有心提出適當的計劃，我想農林廳及農委會願意將這些計劃收集起來，專案請農業有關行庫做比較優惠的投資性貸款，能不能成功，我沒有把握，至少我願盡一己之力，幫大家爭取更適當的資金來投資這個行業，但是我們要注意只要能賺錢的設施就好，目前我們不要搭建像荷蘭那種溫室。我因爲唸書的關係，在歐洲住了六年，看過如德國、英國、法國，那麼漂亮的溫室，那不是我們所需的；原因很簡單，我們的產品不能夠賣那麼高的價格，因爲我們國民所得等等條件不一樣，所以要搭蓋的設施應該是以經濟上能夠達到我們生產的目的就好。等到以後大家賺錢了，各位消費的習慣已經養成了，願意買我們的產品，肯付出更多的價錢，我們再一步一步將設施改善，荷蘭今天的成就也不是一天就造成的，他們經過二百年逐漸改善，才達到今天的地步。國內現在剛開始做，投資方面千萬記住這一點，不要太昂貴，太精密的設施，只要能適應我們經濟生產的需要，然後賺了錢，一步一步改善，這是一個大前題。最後一點我也很贊成各位要多連繫，農委會現在進行這些試驗研究開發的工作，都是依據專家學者和教授的想法，或有些什麼問題發生，然後我們就做什麼研究，未雨綢繆，但是專家學者並非一天到晚像你們從事實際的生產，可能會疏忽某些問題，例如肥料配方，應該以何種肥料種某種作物，我相信不能以A液和B液就可解決所有設施栽培的肥料問題，所以你要提出意見，你在種瓜類或葉菜類遇到什麼困難，如溫度調節上，養液配製上，養液的循環上等等的問題，大家都不提出的話，我們也無法爲各位解答。你們自己應該成立一

個組織，然後透過這個組織向農林廳反應，或是和農委會聯繫，我們會找具有這方面專長的人員，如沈所長、林主任或高博士來解答問題，如果要從事這些試驗工作，缺乏經費時，由農委會籌付，將技術開發出來，免費轉移給大家，如此才會有效率，這三點觀念是我特別強調的，因爲我看到大家有心投入這一個事業，而且我也相信，只要大家好好努力，未來並不是沒有希望的，可是也不要抱著太樂觀的態度，我最近遇到一些個例，如蘭花，在某些熱心人士的[illegible]頗爲流行，很多人買了蘭花苗去種，長大後賣不出去，怎麼辦？蘭花不像金針花可以吃，所[illegible]各位在投資時，要考慮清楚，嚴格來講，任何一個行業都有風險，沒有一個人，包括政府在內，能保證一定會賺錢，工商業也是如此，各位一定要分析清楚，認爲值得投資再開始，或者開始時不妨規模小些，穩紮穩打，將你們的需要，有組織、有系統的說明，並與農林廳聯絡，柳科長直接與生產部有關連，對他們的工作農委會會做適當的配合，技術單位亦會配合，下年度[illegible]投資在技術的開發上，可是需要什麼技術需儘快告訴我們，以便下年度的計劃能將[illegible]些意見容納進去，如此開發出來的成果才能確實適應各位的需要。

沈再發（鳳山熱帶園藝試驗分所）：

舉辦本次講習會的經費，是由農委會主辦的國家級計劃項下支付，並感謝台肥公司研究中心同仁引導參觀及提供會場。

柳台生（農林廳）：

各位如有其他意見，可用書面提出，交寄鳳山分所，若須任何協助，亦可與農林廳特產科聯絡。